

Miika Rajala

# Aurinkolämmityksen suunnitteluohje, esimerkkikohde Klaukkalan kirkko

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

19.4.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Miika Rajala Aurinkolämmityksen suunnitteluohje, esimerkkikohde Klaukkalan kirkko 38 sivua + 7 liitettä 19.4.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	LVI-insinööri/LVI-suunnittelija Antti Pitkänen yliopettaja Jukka Yrjölä
<p>Opinnäytetyössä tarkasteltava kohteena on Klaukkalan kirkko.</p> <p>Tässä työssä tarkastellaan aurinkoenergian hyödyntämistä käyttövesiverkostoon, aurinkolämpökeräimen avulla. Suunnitteluohje käydään läpi teoriaosuudella ja osoitetaan laskelmilla miten suunnittelu etenee, kun kyseessä on olemassa oleva kohde johon suunnitellaan aurinkolämpöjärjestelmää. Opinnäytetyössä käsitellään myös aurinkosähköjärjestelmä esimerkkikohteen takia, että saadaan vertailun vuoksi ja kannattavuuden kannalta tietoon paras mahdollinen toteuttamiskelpoinen aurinkojärjestelmä kyseessä olevalle kohteelle.</p> <p>Aurinkolämmön tuotto voidaan laskea kahdella eri tavalla; yksinkertainen menetelmä Suomen rakentamismääräyskokoelman osien D3 ja D5 mukaan tai aurinkolämmön tuotto aurinkoenergiaoppaan mukaan. Nämä molemmat tavat on selostettu opinnäytetyössä ja esitetty laskennan kulku. Tässä työssä käytettiin lähteinä oppaita ja määräyksiä, joiden laskelmat pystyttiin toteuttamaan. Tämän työn toisena tarkoituksena on olla tukena tulevaisuudessa muille suunnittelijoille yleisellä tasolla.</p> <p>Opinnäytetyössä tultiin siihen tulokseen, että koska ko. rakennus on niin erikoinen ja siinä on verrattain hyvin vaihtelevat kulutukset, kumpikaan aurinkojärjestelmä ei ole taloudellisesti kannattava hankinta. Tällaiseen kohteeseen aurinkojärjestelmän hankinta on yleensä uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistä ja ekologista ajattelua ja rakentamista edistävää toimintaa.</p>	
Avainsanat	aurinkolämpö, aurinkolämmitys, aurinkoenergia, suunnitteluohje, aurinkosähkö, aurinkojärjestelmä

Author Title Number of Pages Date	Miika Rajala Solar heating design manual, case Klaukkala church 38 pages + 7 appendices 19 <sup>th</sup> of April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC engineering, Design Orientation
Instructors	Antti Pitkänen, HVAC-designer Jukka Yrjölä, Principal Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to study whether the use of solar energy gained with solar thermal collectors in a domestic hot water network in Klaukkala church would be plausible. Another aim of the Bachelor's thesis was to create a design manual for HVAC designers.</p> <p>The design manual was used to make the calculations to plan the solar thermal system for the building. Also a solar power system was studied to compare the profitability and the cost-effectiveness of a solar thermal and a solar power system. This should give a designer an idea of which one of the systems would be more viable for an existing building.</p> <p>Both a simple method introduced in the Finnish building code and a more complex introduced in the Solar energy Guide were examined in the thesis. The calculations for both were conducted. As a source to this thesis guide books and directives to show how the calculations should progress have been provided.</p> <p>It was established that the usage of this building is so infrequent and it has a relatively wide varying consumption so neither of the solar systems are cost-effective enough to be built. To build such a solar system for these types of buildings would be done for the promotion and support of renewable energy sources and ecological thinking. The thesis can be used as a guide when calculating the usage of solar energy for existing buildings.</p>	
Keywords	solar heating, solar energy, solar panel, solar thermal collector design manual

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lähtötiedot	2
2.1	Klaukkalan kirkko – esimerkkikohde	2
2.2	Aurinkolämpökeräinjärjestelmä	7
2.3	Aurinkosähköjärjestelmä	7
3	Tutkimusmenetelmien toteuttamistapa	10
4	Laskennan teoria ja laskentaesimerkit	10
4.1	Aurinkolämpö käyttöveden lämmitykseen SRMK D5:n menettelytavan mukaan	12
4.1.1	Aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergian kulutus	14
4.2	Aurinkolämpö käyttöveden lämmitykseen aurinkolaskentaoppaan menetelmän mukaan	14
4.2.1	Aurinkolämmön tuotto	15
4.2.2	Aurinkolämpöjärjestelmän apulaitteiden energiankulutus ja järjestelmien häviöt	20
4.3	Yhteismenetelmä eli aurinkolämmön hyödyntäminen tilojen lämmitykseen ja käyttöveden lämmitykseen	21
4.4	Aurinkoenergia sähköverkkostoon	21
4.4.1	Aurinkosähköjärjestelmän sähköntuotto	22
4.4.2	Kuukausitason aurinkosähkön tuoton laskenta	25
5	Laskenta	25
5.1	Aurinkolämpöjärjestelmän tuotto	26
5.1.1	Yksinkertaistettu menetelmä SRMK D5:n menettelytavan mukaan	26
5.1.2	Kuukausitason tapa	27
5.2	Aurinkosähköjärjestelmän tuotto	28
6	Laskennan yhteenveto ja tulokset	29
7	Aurinkolämpöjärjestelmän keräimet ja sähköjärjestelmän paneelit	30
8	Kustannusarvio ja elinkaarilaskelma	32

8.1	Aurinkolämpöjärjestelmä	32
8.2	Aurinkosähköjärjestelmä	34
9	Yhteenveto ja johtopäätökset	35
	Lähteet	37

#### Liitteet

Liite 1. Aurinkolämpöjärjestelmän kuukausitason laskenta "pohjatehon" mukaan ja asukasmäärän mukaan

Liite 2. Aurinkolämpöjärjestelmän kuukausitason laskenta, tarkasteltavana oleva opinäytetyön laskentaohjelma

Liite 3. Aurinkolämpöjärjestelmän putkiston lämpöhäviöiden laskenta

Liite 4. Rica UC-58C U-putkikeräin

Liite 5. Savosolar SF100-03-SH aurinkokeräin

Liite 6. Finnwind: Aurinkopaneelien asennusohje

Liite 7. Kaukolämmön kulutusraportti, Laskutettu energia 2014

## Lyhenteet

D3	Rakennusten energiatehokkuus, Määräykset ja ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3
D5	Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmityksentarpeen laskenta, Ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5
IV	ilmanvaihto
LTO	lämmöntalteenotto
LVV	lämminvestivaraaja
RakMK	rakentamismääräyskokoelma
SFS	Suomen standardisoimisliitto SFS Ry
SRMK	Suomen rakentamismääräyskokoelma

## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella ja vertailla aurinkolämpö- ja aurinkosähköjärjestelmää toimivuuden ja kannattavuuden suhteen, joka toteutetaan olemassa olevaan kohteeseen. Aurinkoenergia hyödynnetään joko lämpimän käyttöveden lämmitykseen tai suoraan käyttösähköksi. Tässä työssä ei tarkastella aurinkolämmön hyödyntämistä lämmitysverkostoon.

Suomen olosuhteisiin asennettavat aurinkoenergiajärjestelmät herättävät kannattavuudeltaan yleensä kysymyksiä, koska Suomessa on talviaikaan pimeää ja paikkakunnasta riippuen voivat lumimäärät olla hyvinkin suuria. Näihin kysymyksiin pystytään vastaamaan esim. seuraavasti: aurinkoenergian tuotanto keskittyy kesäkuukausille eli huhti-elokuulle, jolloin tuotetaan 70 % vuotuisesta aurinkoenergiasta. Kanadan Ontariossa tehdyssä tutkimuksessa lumen vaikutuksista aurinkopaneeleihin saatiin tuloksiksi, että lumi heikensi vuoden aikana tuotettavaa tehoa noin 1–3,5 prosenttia. Tämä siksi, koska lumijaksot sijoittuvat pimeälle ajanjaksolle, jolloin aurinkoenergian tuotanto on muutenkin hyvin vähäistä verrattuna kesäjaksolle. [1]

Opinnäytetyön tavoite on pystyä esittämään aurinkolämpö- ja aurinkosähköjärjestelmän energian tuotot vuositasolla ja järjestelmän hankintakustannukset. Opinnäytetyössä myös tarkastellaan näiden aurinkojärjestelmän kannattavuutta tähän esimerkkikohteeseen.

Opinnäytetyön laskentaa tukemaan käytetään pääsääntöisesti Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa D3 [7] ja osaa D5 [5] sekä Aurinkolaskentaopasta 2012 [4]. Laskenta on toteutettu tähän työhön tehdyllä Excel-laskentaohjelmalla sekä tarkastelua varten myös toisella laskentaohjelmalla [12]. Laskelmat löytyvät tässä opinnäytetyössä liitteinä 1 ja 2.

Tässä työssä ei vertailtu erilaisia aurinkokeräimiä tai -paneeleita, koska kannattavuutta tarkasteltaessa tässä kohteessa ei päästä ns. järkevään taloteknisten laitteiden takaisinmaksuaikaan [23; 24].

Suunnitteluohje tehdään pääsääntöisesti tukemaan aurinkolämpöjärjestelmää ja sen suunnittelua. Aurinkosähköstä on olemassa suunnitteluohje, mutta vertailussa on molemmat järjestelmät. Tässä työssä käydään myös aurinkosähköjärjestelmän tehon tuoton laskenta läpi.

Akkutekniikka sähkön varastointiin ei ole vielä ihan sillä tasolla, että yksittäiset sähkötuotantojärjestelmät pystyisivät tekemään sitä [22]. Tämän takia esimerkkikohteeseen mitoitettiin vain pohjatehon aurinkosähköjärjestelmä, koska muuten energiaa olisi tuotettu yli käytön, jolloin energia olisi mennyt hukkaan. Esimerkkikohde sijaitsee Nurmijärven Klaukkalassa, eikä Nurmijärven sähkölaitos osta sähköverkkoon takaisin syötettyä energiaa, jolloin tässä kohteessa ei ole syytä tuottaa energiaa yli käyttötarpeen.

Sähkön pohjateho on tarkistettu Nurmijärven sähkön Venla-palvelusta. [25]

## 2 Lähtötiedot

### 2.1 Klaukkalan kirkko – esimerkkikohde

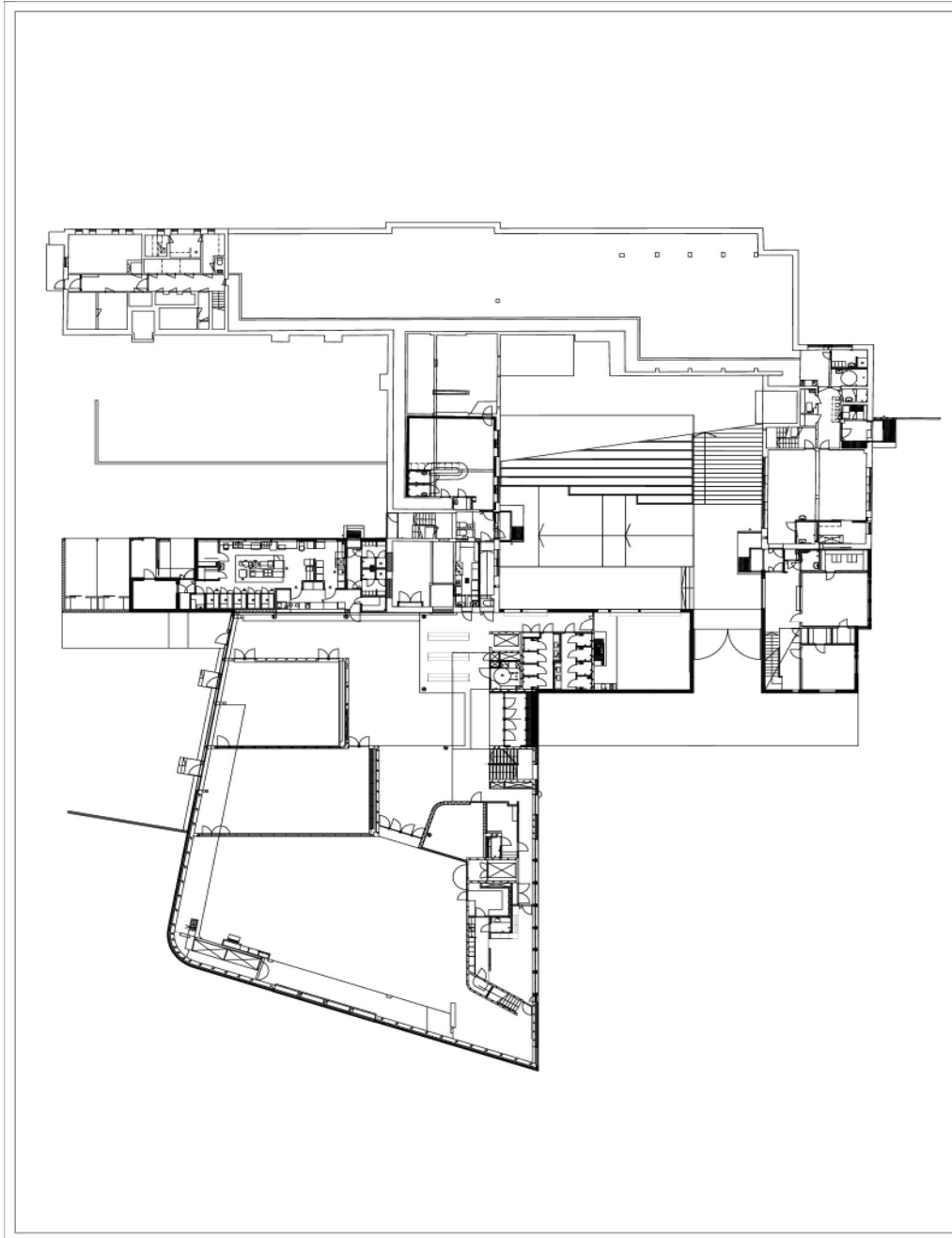
Esimerkkikohteen lähtötiedot on saatu Nurmijärven seurakunnan kiinteistöpäälliköltä Raimo Vuoriheimolta. Rakennuksen pohjakuva (kuva 1) on saatu OOPÉAA-arkkitehti-toimistolta. Rakennuksessa on kolme kerrosta ja kellarikerros.

Esimerkkikohde on kirkko (kuva 2), joka sijaitsee Klaukkalassa. Kirkossa ei ole vakiokulutusta, ja se eroaa tavallisesta käytöstä ja kulutus on erilaista. Tämän takia tähän täytyy kiinnittää erityistä huomiota, koska kesällä on suurin aurinkoenergian tuotto ja käyttö pitää optimoida sen mukaan. Kirkossa ei ole isoja käyttökuormia kuin aika ajoin, minkä takia aurinkoenergiajärjestelmä täytyy laskea mahdollisimman tehokkaaksi käyttökohteen mukaan. Kirkon käyttö ja kulutus eroaa huomattavasti esimerkiksi perusasuinke-rostalon käytöstä, ajatellen käyttöveden kulutusta.

Kirkon ja seurakuntakeskuksen katot ovat huopa-tasakattoja pienillä kaadoilla sadeve- den poistamisen takia. Kirkon katto kaataa sisäpihalle päin. Nämä seikat täytyy ottaa huomioon aurinkojärjestelmän sijoittamisessa, että pystytään myös toteuttamaan opti- maalinen kulma ja suuntaus ilman suurempia varjostuksia.



Myös putkitus tai kaapelointi täytyy ottaa huomioon. Lämmönjakuhuone, joka sijaitsee rakennuksen pohjakerroksessa, on liian pieni aurinkojärjestelmän varastointitarkoitukseen. Lämmönjakohuoneeseen ei siis pystytä sijoittamaan lämminvesivaraajaa tai akustoa, tämän takia LVV:lle tai akustolle varataan tila IV-konehuoneesta, johon putkitukset tai kaapelointi johdetaan vesikatolta.



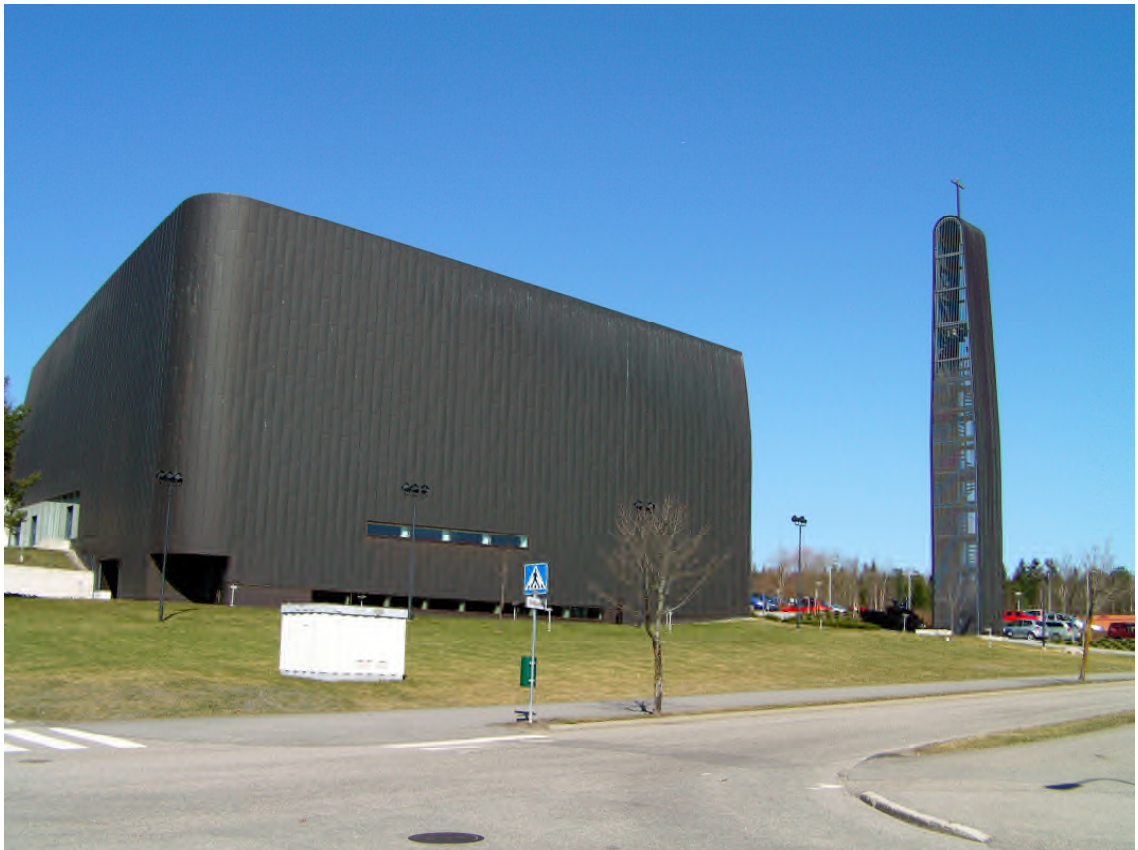
Kuva 1. Klaukkalan kirkon 1. kerroksen pohjakuva

Arkkitehti Anssi Lassila on suunnitellut kirkossa toteutetun konseptin "Käsi". Kirkon seinät ovat korkeimmassa kohtaa 16 metriä lattiatasosta. Kirkon julkisivumateriaali on kuparia. [8]



Kuva 2. Klaukkalan kirkko, kuvattuna etelästä [9].

Kellotorni on oma rakennelma kirkon vieressä, jossa on neljä kelloa (kuva 3). Kellotornin korkeus on n. 23 m + risti. [8]



Kuva 3. Klaukkalan kirkko ja kellotorni oikealla puolella kirkkoa [10].

Klaukkalan kirkko on valmistunut vuonna 2004 ja se vihittiin käyttöön 28.11.2004. Kirkkosaliin mahtuu 300 henkilöä ja parvelle 100 henkilöä, salia on mahdollista laajentaa avaamalla seurakuntasalien siirtoseinät, mistä saadaan 250 paikkaa lisää. [8]

Kirkkoon kuuluu kirkkosalin lisäksi kaksi seurakuntasalia, diakonia-, nuoriso- ja lapsityön tiloja, työtiloja papeille, työtiloja työntekijöille, monitoimitila, keittiö, kahvio ja 4 asuntoa. Tiloissa on myös muutama kokoustila, takkahuone, monitoimisali, kaksi juhlasalia, nuorisotilan kahvio ja uurnien säilytystä varten uurnaholvi. [8]

Asuntoja oli rakennuksen valmistuessa kaksi, mutta saneerauksessa seurakunta jakoi tilat uudestaan ja asuntoja tuli yhteensä neljä kappaletta [6]. Asunnoissa ei ole pysyvää asukkaa vaan tiloissa saattaa asua aika ajoin henkilöitä 1–4 kpl. Laskennoissa on käytetty 1,5 hlöä asuntoa kohden. Kuvissa 4 ja 5 näkyvät kirkkopihan ovet ja kirkkosali.



Kuva 4. Kirkkopihan ovet ja seurakuntakeskuksen rakennuksia [11].



Kuva 5. Kirkkosali [8].

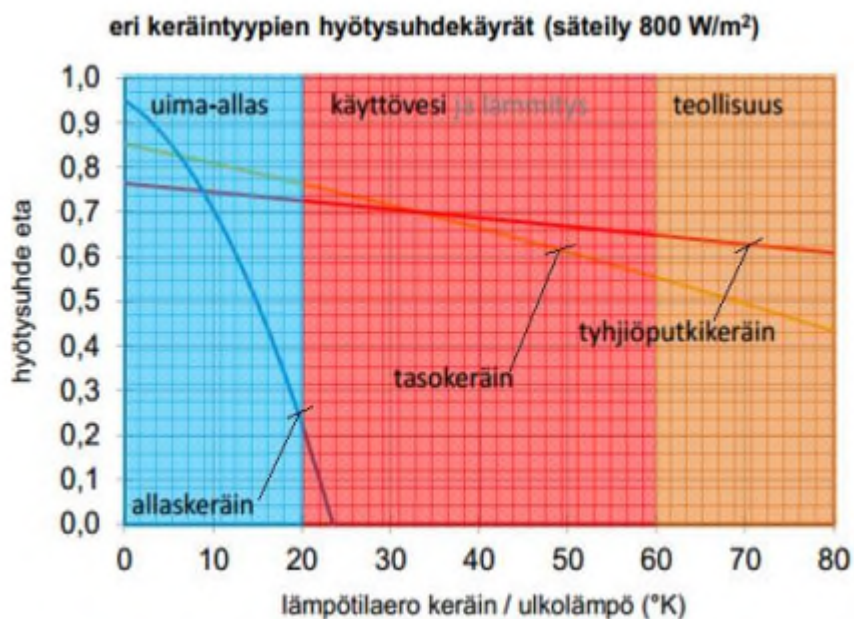


## 2.2 Aurinkolämpökeräinjärjestelmä

Savo-Solar Oy – SF100-03-SH

Laskelmissa käytettiin Savo-Solarin aurinkolämpökeräintä. Savo-Solar on suomalainen yhtiö, joka valmistaa aurinkokeräimensä Suomessa. Tasokeräimet ovat yleisimmin käytössä olevia keräimiä [1], ja tämän takia sellainen valittiin tarkasteluksi tässä työssä. Kuvassa 6 on esitetty eri keräintyyppien hyötysuhdekäyriä. Tasokeräimen tuotekortti oli myös tarpeeksi kattava, että se soveltui hyvin tarkasteltavaksi aurinkolämpökeräimeksi. Pituus on 2 050 mm, leveys 1 050 mm ja korkeus 95 mm. Kuivapaino on 35 kg, kokonaispinta-ala on 2,15 m<sup>2</sup> ja keräinpinta-ala 2 m<sup>2</sup>. Hyötysuhde on 88 %. Yhden aurinkolämpökeräimen hinta tarkasteluhetkellä on 860,00 € alv 0 %. [2; 27] ja [liite 6]

Kokonaisen aurinkolämpöjärjestelmän kustannuslaskelma on tarkennettu kohdassa 8.



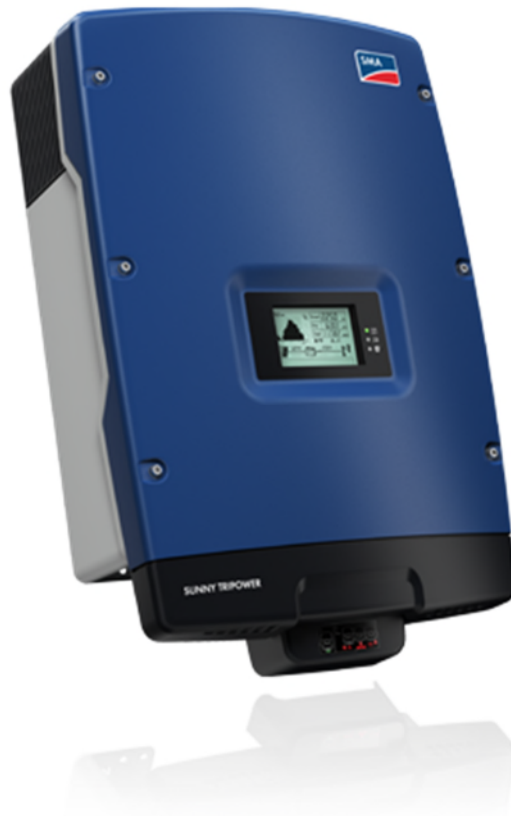
Kuva 6. Hyötysuhdekäyrät vertailuun ja tasokeräimen valintaa tukemaan [13].

## 2.3 Aurinkosähköjärjestelmä

Finnwind Oy - 10,4 kW Verkkoon kytkettävä aurinkovoimala, 3-vaihe

Laskelmiin valittu aurinkosähköpaneelipaketti sisältää 40 kpl monikidepaneeleita, joiden nimellisteho on 260 W ja yhden keräimen pinta-ala n. 1,7 m<sup>2</sup>. Samanlaisia paketteja on markkinoilla suhteellisen paljon, pieniä eroavaisuuksia paketeista löytyy. Tämä paketti valittiin laskelmiin, koska siitä löytyi hyvin tietoa laskelmia ajatellen. Paneeleilla on 10 vuoden takuu materiaali- ja valmistusvirheille ja 25 vuoden tehontuottotakuu. Pakettiin kuuluu SMA-verkkoinvertteri (kuva 7) 5 vuoden takuulla, joka on pidennettävissä jopa 25 vuoteen. Paketissa on myös asennusjärjestelmä, joka sopii useimmille kattopinnoille ja jolla on 10 vuoden takuu. Paketissa aurinkopaneeli pinta-alaa on noin 68 m<sup>2</sup>. Pakettihinta on 15 600 €. [3]

Sähköjärjestelmän invertteri pystytään liittämään esim. bluetoothin avulla tietokoneeseen, josta pystytään seuraamaan esim. sähköntuottoa, jännitettä ja virtaa. Invertterissä on myös lukunäyttö, josta pystytään seuraamaan em. asioita.



Kuva 7. SMA-verkkoinvertteri. [14]

Sähköjärjestelmän kustannuslaskelma on tarkennettu kohdassa 8.

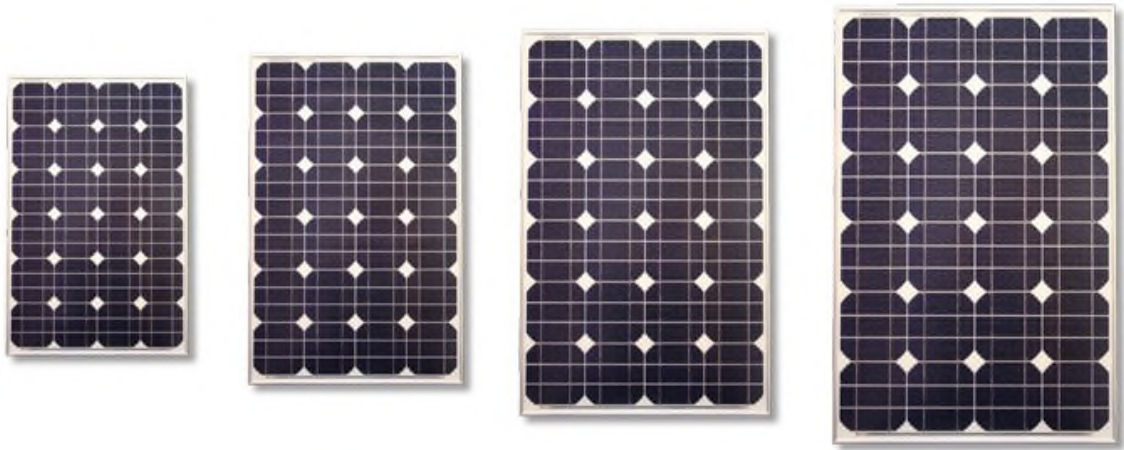
Vaikka Suomessa aurinkosähkö ei pysty vastaamaan kapasiteettihaasteeseen tavanomaisissa kohteissa, aurinkoisena kesäpäivänä Suomessa saadut tuotot kattavat päivittäisen kulutuksen, jolloin ostosähköä ei tarvitse käyttää. [1]

Markkinoilla on erilaisia paneelityyppejä, ja tässä työssä valittiin laskelmiin monikidepaneeli (kuva 8) sen yleistymisen takia. Yksikidepaneelilla (kuva 9) on yleensä ottaen parempi hyötysuhde kuin monikidepaneelilla, mutta myös korkeampi hinta [21]. Tässä työssä kuitenkin mietittiin asiaa esimerkkitapahtuman kannalta ja jotta hankinta helpottaa ja samalla hankintakustannukset pysyvät siedettävällä tasolla.

Monikidepaneelissa ja yksikidepaneelissa on selviä merkkejä paneelin pintakuviossa, jolla paneelit erottaa toisistaan.



Kuva 8. Erikokoisia monikidepaneeleita [19].



Kuva 9. Yksikidepaneeleita [20].

### 3 Tutkimusmenetelmien toteuttamistapa

Tämä opinnäytetyö toteutettiin käyttämällä lähteinä oppaita ja määräyksiä [4; 5 ja 7]. Laskennan tukena ja vertailukohtana tarkasteltiin aurinkolaskentaoppaan esimerkkilaskelmaa [4, s. 27–31] ja toisen opinnäytetyön tuloksia, jotka ovat toteutetut opinnäytetyöhön tehdyllä laskentaohjelmalla [12].

Opinnäytetyötä tehdessä huomattiin virheellisiä kaavoja aurinkolaskentaoppaassa [4], jotka tarkasteltiin tähän opinnäytetyöhön uudestaan ja korjattiin virheet. Tästä johtuen on lähteitä katsottu kritiikillä ja varsinkin valmistajan antamia tuotetietoja täytyy kyseenalaistaa, mutta annettuja tietoja käytettiin laskelmissa [2 ja 3].

### 4 Laskennan teoria ja laskentaesimerkit

Auringon säteilyteho lämpökeräimen pinnalle tai sähköpaneelille voidaan laskea, kun tiedetään paikkakuntakohtainen auringon säteily vaakapinnalle, tähän kuuluu suora- ja hajasäteily. Säteilytehoa laskiessa täytyy ottaa huomioon ympäristön varjostukset sekä heijastukset. Teoreettisena maksimina vaakapinnalle Suomessa voidaan pitää arvoa  $1\,000\text{ kWh/m}^2/\text{a}$  [1], mutta todellisia arvoja laskiessa täytyy käyttää tarkempia arvoja esim. kuukausitasolla tai säävyöhykekohtaisia auringon kokonaissäteilyenergioita. [7, s. 30–32.]



Säteilyenergialle on esilaskettuja korjauskertoimia eri paikkakunnille, näillä korjauskerroimilla voidaan muuttaa vaakapinnalle tuleva säteilyenergia korjauskertoimien avulla eri kallistuskulmiin asennettujen aurinkojärjestelmien säteilyenergiaksi. [4, s. 16–17.]

Kallistetun pinnan säteilyenergiat lasketaan kaavalla 1. [4, s. 15]

$$Q_{keräin} = k * Q_{sät,0°} \quad (1)$$

, jossa

$Q_{keräin}$  on keräimelle osuvan auringonsäteilyn energia tarkastelujaksolla, kWh/m<sup>2</sup>,  
kk

$k$  on korjauskerroin etelään (kaakko-lounas) suunnatulle keräimelle, johon liittyy korjauskertoimet kallistuskulmalle, paikkakunnalle ja tarkastelujaksolle, nämä on esitetty taulukossa 2 Helsingille [4, s. 16]. Taulukot Jyväskylälle ja Rovaniemelle löytyvät aurinkolaskentaoppaasta [4, s. 16–17].

$Q_{sät,0°}$  on vaakatasolle tuleva auringon säteilyenergia, joka on paikkakunta-kohtainen, arvoja eri paikkakunnille on esitetty taulukossa 1 [4, s. 15], kWh/m<sup>2</sup>,  
kk

Korjauskerroin  $k$  tässä tapauksessa on esitetty ilmansuunnille kaakko-etelä-lounas, johon taulukko 1 pätee. Jos taas tapauksessa on aurinkokeräimet tai aurinkopaneelit, jotka ovat suunnattuna muuhun ilmansuuntaan, täytyy käyttää D3:n mukaisia muunnoskertoimia. [7, s. 30]

Varjostuksella on suuri vaikutus aurinkokeräimille ja -paneeleille, jonka takia mahdolliset varjostukset täytyy huomioida laskennassa. Tämä otetaan huomioon, kun korjauskerrointa  $k$  tarkennetaan kaavalla 2. [4, s. 15]

$$k = 1 - A_{varjostus}/A_{kokonaisala} \quad (2)$$

, jossa

$A_{varjostus}$  on varjostuksen suhteellinen määrä, m<sup>2</sup>

$A_{\text{kokonaisala}}$  on keräimen tai paneelin kokonaispinta-ala,  $\text{m}^2$

Taulukko 1. Säteilyenergiat vaakasuoralle pinnalle eri paikkakunnilla [4, s. 15]

Kuukausi	Säteilyenergiat vaakasuoralle pinnalle (kallistuskulma $0^\circ$ ) paikkakunnittain, ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ , kk)		
	Helsinki	Jyväskylä	Sodankylä
Tammikuu	6	5	1
Helmikuu	22	20	14
Maaliskuu	64	52	48
Huhtikuu	120	103	121
Toukokuu	166	171	128
Kesäkuu	169	159	154
Heinäkuu	181	158	146
Elokuu	127	114	95
Syyskuu	82	71	64
Lokakuu	26	25	17
Marraskuu	8	7	3
Joulukuu	4	3	0
Vuosi	975	890	791

Taulukko 2. Kallistetun keräimen säteilytehon korjauskeroimet Helsingin olosuhteissa. Oletuksena on, että ympäristön (puut, rakennukset, yms.) varjostuskulma  $0^\circ$  [4, s. 16]

Kuukausi	Korjauskertoimet etelään suunnatulle keräimelle eri kallistuskulmilla, paikkakuntana Helsinki				
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Tammikuu	1,00	1,50	1,75	1,88	1,88
Helmikuu	1,00	1,57	1,78	1,87	1,83
Maaliskuu	1,00	1,43	1,57	1,62	1,51
Huhtikuu	1,00	1,20	1,24	1,22	1,05
Toukokuu	1,00	1,08	1,06	0,99	0,75
Kesäkuu	1,00	1,03	0,98	0,89	0,60
Heinäkuu	1,00	1,06	1,02	0,92	0,64
Elokuu	1,00	1,14	1,13	1,07	0,80
Syyskuu	1,00	1,29	1,33	1,32	1,10
Lokakuu	1,00	1,42	1,55	1,58	1,42
Marraskuu	1,00	1,33	1,56	1,56	1,44
Joulukuu	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vuosi	1,00	1,17	1,20	1,17	1,00

#### 4.1 Aurinkolämpö käyttöveden lämmitykseen SRMK D5:n menettelytavan mukaan

Laskennassa ei oteta huomioon järjestelmän häviöistä muodostuvaa ja mahdollisesti talteen otettavaa osuutta, joka muodostuu, kun käyttövettä lämmitetään aurinkoenergialla [4, s. 14].

Tässä laskentatavassa käytetään RakMK D5:n kaavoja ja taulukoita. Taulukoista saatavat lukuarvot kerrotaan keräinten pinta-alalla. Laskennassa täytyy ottaa huomioon suunnauksen mukaiset korjauskertoimet. Aurinkoenergian tuotto lämpimään käyttöveteen lasketaan kaavalla 3. [5, s. 46.]

$$Q_{aurinko, lkv} = q_{aurinkokeräin} * A_{aurinkokeräin} * k_{aurinkokeräin} \quad (3)$$

, jossa

$Q_{aurinko, lkv}$  on aurinkokeräimellä tuotettu energia lämpimään käyttöveteen, kWh/a

$q_{aurinkokeräin}$  on aurinkokeräimen energiantuotto käyttöveteen keräinpinta-alaa kohti, joka saadaan taulukosta 3, kWh/m<sup>2</sup>, a

$A_{aurinkokeräin}$  on aurinkokeräinten kokonaispinta-ala, m<sup>2</sup>

$k_{aurinkokeräin}$  on aurinkokeräimen suunnauksen huomioon ottava kerroin, joka saadaan taulukosta 4, – .

Käytettäessä kaavan 3 laskutapaa ja siinä käytettäviä taulukoita 3 ja 4, lämpimän käyttöveden lämmitysenergiasta saa aurinkoenergialla kattaa maksimissaan 40 %.

Taulukko 3. Keräinten tuottama aurinkolämpö keräinten pinta-alaa kohti [5, s. 46]

Vyöhyke/paikkakunta	$q_{aurinkokeräin}$ kWh/(m <sup>2</sup> , a)
I-II / Helsinki	156
III / Jyväskylä	139
IV / Sodankylä	125

Taulukon 3 arvoja voidaan käyttää keräimille, jotka ovat 30–70 asteen kallistuksessa vaakatasoon nähden. Muilla kallistuskulmilla taulukon arvot kerrotaan kertoimella 0,8.

Taulukko 4. Keräinten suunnauksen huomioon ottavan kertoimen k lukuarvo [5, s. 46]

Suuntaus	k
etelä/kaakko/lounas	1,0
itä/länsi	0,8
pohjoinen/koilinen/luode	0,6

#### 4.1.1 Aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergian kulutus

Pumppujen sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla 4. [5, s. 46]

$$W_{aurinko,pumput} = \sum (P_{pumppu,i} * t_{pumppu,i}) / 1000 \quad (4)$$

, jossa

$W_{aurinko,pumput}$  on aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergiankulutus, kWh/a

$P_{pumppu,i}$  on yksittäisen pumpun i teho, W

$t_{pumppu,i}$  on pumpun i käyttöaika, h/a

Pumpun käyttöaikana voidaan käyttää oletusarvoa 2 000 h/a, jos tarkempaa tietoa ei ole saatavilla. Kuukausittaiset säteilyenergiat oletetaan jakautuvan ajallisesti käyttöajan suhteessa. [5, s. 47.]

Jos pumpun tehon suunnitteluarvoa ei tiedetä tai sitä ei ole saatavilla, voidaan käyttää kaavasta 5 laskettavaa tehoa [5, s. 47].

$$P_{pumppu} = 50 [W] + 5 [W/m^2] * A_{aurinkokeräin} \quad (5)$$

, jossa

$P_{pumppu}$  on aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköteho, W

$A_{aurinkokeräin}$  on kiertopiiriin kytkettyjen keräimien pinta-ala, m<sup>2</sup>

#### 4.2 Aurinkolämpö käyttöveden lämmitykseen aurinkolaskentaoppaan menetelmän mukaan

Tässä tavassa lasketaan aurinkolämmitysjärjestelmän kulutus ja tuotto, jossa otetaan myös huomioon häviöiden talteen otettava osuus. Menetelmässä käytetään oletusarvoja, taulukkoarvoja ja eri valmistajien komponenttiarvoja, jos ne ovat tiedossa.

Kaikkia lähtötietoja ei tarvita, mutta osa pitäisi olla rakennuksesta ja järjestelmästä tiedossa, jotta laskenta pystytään suorittamaan. Oheisessa listassa on lueteltuna joitain lähtötietoja, jotka olisi hyvä olla tiedossa ennen laskentaan ryhtymistä:

- rakennuksen säävyöhyke
- keräinpinta-ala
- keräimistä tarkempi tuotekortti, josta selviää ainakin hyötysuhde
- keräinten suuntaus ja kallistuskulma
- lämpimän käyttöveden tarve
- käyttöveden lämpötilat
- lämpimän käyttöveden kiertojohto ja putkiston eristys
- kiertopumppujen teho.

#### 4.2.1 Aurinkolämmön tuotto

Tällä laskutavalla voidaan hyödyntää enemmän kuin 40 % käyttöveden lämmitykseen aurinkoenergian tuotosta, toisin kuin laskentatapauksessa 4.1, jossa voidaan maksimissaan käyttää 40 % aurinkoenergian tuotannosta käyttöveden lämmitykseen. Kuukausitason tuotto aurinkolämpöjärjestelmästä saadaan kaavasta 6. [4, s. 11.]

$$Q_{tuotto,A} = c_{tyyppi} * (aY + bX + cY^2 + dX^2 + eY^3 + fX^3) * Q_{tarve,A} \quad (6)$$

, jossa

$Q_{tuotto, A}$  on aurinkolämpöjärjestelmän tuotto tarkastelujaksolla, kWh

$Q_{tarve, A}$  on lämmöntarve, joka kohdistuu aurinkolämpöjärjestelmään (käyttövesi ja lämmitys tai pelkästään käyttöveden lämmitys), kWh

$c_{tyyppi}$  on varaajatyypin korjauskerroin. Varaajatyypin korjauskertoimena tässä menetelmässä käytetään aina  $c_{tyyppi} = 1$

a,b,c,d,e,f on myös varaajatyypistä riippuvaisia korjauskertoimia. Tässä laskentamenetelmässä käytettäville järjestelmille

$$a = 1,029$$

$$b = -0,065$$

$$c = -0,245$$

$$d = 0,0018$$

$$e = 0,0215$$

$$f = 0$$

X on häviöt/tarve – suhde

Y on tuotto/tarve – suhde

X lasketaan kaavalla 7. [4, s. 11]

$$X = \frac{A \cdot U_c \cdot \eta_{kierto} \cdot \Delta T \cdot t_h \cdot c_{cap}}{Q_{tarve,A}} \quad (7)$$

, jossa

A on keräinten pinta-ala, m<sup>2</sup>

U<sub>c</sub> on keräinpiirin lämpöhäviökerroin, W/m<sup>2</sup>K

U<sub>c</sub> lasketaan kaavalla 8. [4, s. 12]

$$U_c = a_1 + 40 \cdot a_2 + U_L/A \quad (8)$$

, jossa

a<sub>1</sub> on keräinpinta-alaa vastaava keräimen lämpöhäviökerroin standardin SFS EN 12975-2 mukaan. Mikäli kertoimille ei ole testattua arvoa, käytetään seuraavia arvoja:

tyhjiöputkikeräimille a<sub>1</sub> = 3 W/m<sup>2</sup>K

tasokeräimille a<sub>1</sub> = 6 W/m<sup>2</sup>K

lasittamattomille keräimille a<sub>1</sub> = 20 W/m<sup>2</sup>K

$a_2$  on keräinpinta-alaa vastaava keräimen häviökerroin standardin SFS EN 12975-2 mukaan. Mikäli kertoimille ei ole testattua arvoa, käytetään:

kaikille keräintyypeille  $a_2 = 0 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_L$  on keräinpiirin putkiston lämpöhäviökerroin, jos keräinpiirin putki- ja eristystiedot ovat saatavilla, lämpöhäviökerroin voidaan laskea liitteen 3 mukaisesti.  $U_L$  voidaan myös arvioida, jos putken ja eristeen tietoja ei ole saatavilla, W/K

$U_L$  lasketaan kaavalla 9. [4, s. 12]

$$U_L = 5 + 0,5 * A \quad (9)$$

, jossa

$A$  on keräinten pinta-ala,  $\text{m}^2$

$\eta_{\text{kierto}}$  on keräinpiirin hyötysuhde ottaen huomioon lämmönvaihtimen vaikutus sekä keräinpiirin lämpöhäviöt. Oletusarvona käytetään  $\eta_{\text{kierto}} = 0,8$ . Mikäli tuotetiedot ovat saatavilla, arvo voidaan laskea kaavalla 10. [4, s. 12.]

$$\eta_{\text{kierto}} = 1 - \Delta\eta \quad (10)$$

, josta voidaan laskea  $\Delta\eta$  kaavalla 11. [4, s. 12]

$$\Delta\eta = \eta_0 * A * a_1 / U_{st} \quad (11)$$

, jossa

$U_{st}$  on lämmönsiirtimen lämmönläpäisykerroin, W/K

$\Delta T$  on keräimen standardihäviöiden laskentaan käytettävä referenssilämpötilaero, lasketaan kaavalla 13, K

$t_h$  on tarkastelujakson pituus (kuukausi), h

$C_{cap}$  on varastokapasiteetin korjauskerroin, lasketaan kaavalla 14, –

$Q_{tarve, A}$  on lämmöntarve, joka kohdistuu aurinkolämpöjärjestelmään (pelkästään käyttöveden lämmitys), Wh

$Y$  lasketaan kaavalla 12. [4, s. 12]

$$Y = \frac{A * IAM * \eta_o * \eta_{kierto} * Q_{keräin}}{Q_{tarve, A}} \quad (12)$$

, jossa

$IAM$  on keräintyyppiin liittyvä kohtauskulmakerroin, jolle oletusarvoina käytetään:

1,0 = kattamaton (lasiton) keräin

0,94 = lasikatettu tasokeräin

0,97 = tyhjiöputkikeräin, jossa tasomainen absorptiopinta

1,0 = tyhjiöputkikeräin, jossa putkimainen absorptiopinta

$\eta_o$  on käytettävää keräinpinta-alaa vastaava standardin SFS EN 12975-2 avulla saatu optinen hyötysuhde

$Q_{keräin}$  on auringon säteilyenergia aurinkokeräinten tasopinnalle tarkastelujaksolla, Wh/m<sup>2</sup>, kk

Lämpötilaero  $\Delta T$  kaavaan 7, lasketaan kaavalla 13 [4, s. 13].

$$\Delta T = \theta_{ref} - \theta_e \quad (13)$$

, jossa

$\theta_e$  on tarkastelujakson keskimääräinen ulkolämpötila [7, s. 29–32], °C



$\theta_{ref}$  on sovelluksesta ja varastotyyppistä riippuva vertailulämpötila, °C

Vertailulämpötila  $\theta_{ref}$  lasketaan kaavalla 14, kun lasketaan pelkästään käyttöveden lämmityksen aurinko-osuutta [4, s. 13].

$$\theta_{ref} = 11,6 + 1,180 * \theta_{hw} + 3,86 * \theta_{cw} - 1,32 * \theta_e \quad (14)$$

, jossa

$\theta_{hw}$  on lämpimän käyttöveden minimilämpötila, käytetään  $\theta_{hw} = 40$  °C

$\theta_{cw}$  on kylmän veden lämpötila, käytetään arvoa  $\theta_{cw} = 5$  °C, mikäli kuukausittaista arvoa ei ole käytettävissä

Varaajan kapasiteetin  $c_{cap}$  korjauskerroin kaavaan 7, lasketaan kaavalla 15 [4, s. 13].

$$c_{cap} = \left( \frac{V_{tod}}{V_{ref}} \right)^{-0,25} \quad (15)$$

, jossa

$c_{cap}$  on varaajakapasiteetin korjauskerroin, –

$V_{tod}$  on varaajan suunniteltu ominaistilavuus, dm<sup>3</sup>/keräin-m<sup>2</sup>

$V_{ref}$  on referenssitilavuus = 75 dm<sup>3</sup>/keräin-m<sup>2</sup>

Kaavaa 15 käytetään, kun tilavuus vesivaraajassa poikkeaa referenssitilavuudesta.

Aurinkolämmön vesivaraaja, jossa on lisälämmitys, täytyy ottaa huomioon korjauskertoimen avulla, joka lasketaan kaavalla 16 ja apukaavalla 17. [4, s. 13.]

$$V_{tod} = V_{nim} * (1 - f_{apu}) \quad (16)$$

$$f_{apu} = x * V_{LL} / V_{nim} \quad (17)$$

, jossa

$V_{nim}$  on varaajan nimellistilavuus, l

$V_{LL}$  on varaajan lisälämmitysosan tilavuus, l

$f_{apu}$  on osuus varaajasta, jossa apulämmitys on käytössä

$x$  on lisälämmityksen käyttötavasta riippuva kerroin:

jatkuvakäyttöinen  $x = 1$

yökäyttöinen  $x = 0,7$

lämmityksen käyttö hätätapauksessa  $x = 0,3$

Jos vesivaraajassa ei ole lisälämmitystä tai sitä ei käytetä, niin  $f_{apu} = 0$ . Varaajaa jonka kerrointa ei tunneta ja jota ei lasketa edellä esitetyllä tavalla, voidaan käyttää oletusarvona vaakamalliselle varaajalle  $f_{apu} = 0,33$  ja pystymalliselle varaajalle  $f_{apu} = 0,5$ . [4, s. 14]

#### 4.2.2 Aurinkolämpöjärjestelmän apulaitteiden energiankulutus ja järjestelmien häviöt

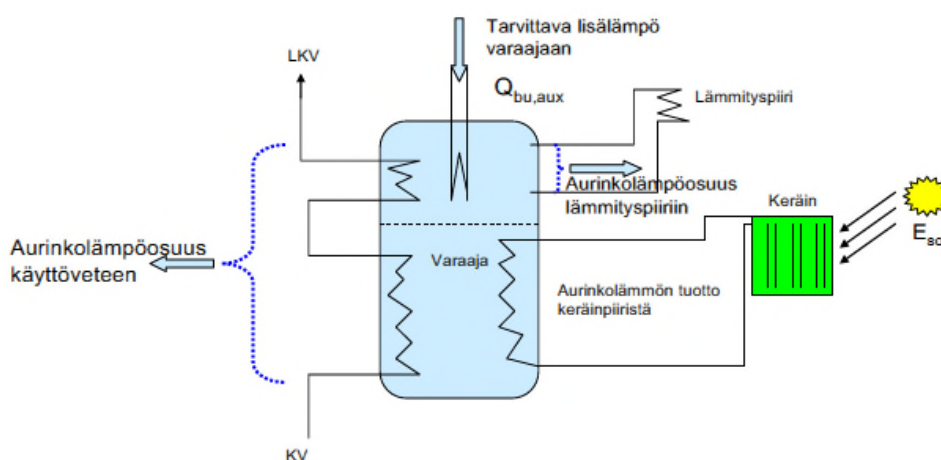
Apulaitteiden energiankulutus ja järjestelmien häviöt lasketaan samalla tavalla kuin kohdassa 4.1.1, mutta vaikka laskenta on lähtökohtaisesti hyvinkin tarkka, pumppujen sähköenergiasta mahdollisesti muodostuvia talteen otettavia energioita ei oteta huomioon rakennuksen lämmöntarpeen laskennassa [4, s. 14].

Tässä laskentamenetelmässä lasketaan vain aurinkolämmityksen hyödyntämistä käytöväteeseen. Putkistoissa ja varaajassa on lämpöhäviöitä, jotka lämmittävät rakennusta. Jos laskettaisiin aurinkoenergian hyödyntämistä myös tilojen lämmitykseen, nämä häviöt voisi laskea hyödyksi. Tässä niitä ei kuitenkaan oteta huomioon, kuvan 6 mukaisessa järjestelmässä ne sen sijaan voisi laskea hyödyksi. [4, s. 14.]

#### 4.3 Yhteismenetelmä eli aurinkolämmön hyödyntäminen tilojen lämmitykseen ja käyttöveden lämmitykseen

Tällä menetelmällä saadaan yleensä paras hyötysuhde aurinkolämpöjärjestelmästä, että ensiksi hyödynnetään aurinkolämpöä lämmittämään käyttövetä ja kun neste jäähtyy oikeaan lämpötilaan, se ajetaan lattialämmityspiirille. Tällainen järjestelmä voidaan toteuttaa LVV:lla käyttämällä hyväksi varaajan lämpötilakerrostumaa (Kuva 10).

Käyttövesijärjestelmässä lämpötilat ovat yleensä 60–25 °C ja lattialämmityspiirissä lämpötilat ovat yleensä 30–25 °C.



Kuva 10. Aurinkolämpöjärjestelmän periaate [4, s. 11].

#### 4.4 Aurinkoenergia sähköverkkoon

Aurinkopaneelien sähköenergian tuotto syötetään invertterin kautta sähkökeskukseen, joka syöttää sähköä rakennuksen käyttöverkkoon. Ylimenevä tuotto, jota ei rakennuksessa käytetä, menee ylijäämänä paikallisen sähköyhtiön verkkoon, josta osa paikallisista yrityksistä maksaa tietyn osan takaisin tuottajalle. Näin ei kuitenkaan jokaisella paikkakunnalla ole. [1]

Saksassa aurinkoenergian omatuotantoa tuetaan niin hyvin, että siellä paikalliset sähköyhtiöt maksavat täyden ostohinnan tuottajalle takaisin, joka syötetään takaisin verkkoon. Tulevaisuudessa tämä saattaa olla mahdollista myös Suomessa. Tämä tarkoittaa sitä, että nykyiset järjestelmät, jotka eivät ole taloudellisen kannattavuuden rajoissa saattavat

tulevaisuudessa olla hyväkin sijoitus, koska jo valmiiksi rakennetut alustat ja reitit järjestelmille eivät maksa tulevaisuudessa käytännössä mitään. [1]

#### 4.4.1 Aurinkosähköjärjestelmän sähköntuotto

Laskelmissa lähtötietona tarvitaan vähintään seuraavat asiat: säteily vaakapinnalle, kennojen pinta-ala, suuntaus ja kallistus, kennojen huipputehokerroin ja mahdolliset tiedot asennustavasta [5, s. 66–67].

Aurinkosähköjärjestelmä, joka on liitetty rakennukseen, siitä saatava sähköenergian tuotto voidaan laskea tällä menetelmällä. Tässä menetelmässä käytetään kansainvälisiä kertoimia ja taulukoita, jotka noudattavat standardia SFS EN 15316-4-6. [4, s. 20; 5, s. 66]

Tämä laskentamenetelmä käsittelee ainoastaan rakennuksessa tai sen välittömässä läheisyydessä sijaitsevan aurinkosähköjärjestelmän energiantuotantoa, mutta ne ei käsittele sähköä siirtoa, jakelua tai varastointia. [4, s. 20; 5, s. 66]

Aurinkosähkökennojen tuottama sähköenergia lasketaan kaavalla 18 [5, s. 66].

$$W_{pv} = \frac{G_{aur} * P_{maks} * F_{käyttö}}{I_{ref}} \quad (18)$$

, jossa

$W_{pv}$  on aurinkosähkökennojen tuottama sähköenergia vuodessa, kWh/a

$G_{aur}$  on kennostoon kohdistuva auringon säteilyn energia vuoden aikana, kWh/m<sup>2</sup>

$P_{maks}$  on aurinkosähkökennojen tuottama suurin sähköteho, jonka kennosto tuottaa referenssisäteilytilanteessa ( $I_{ref} = 1 \text{ kW/m}^2$ , referenssilämpötilassa 25 °C), kW

$F_{käyttö}$  on käyttötilanteen toimivuuskerroin, –

$I_{ref}$  on referenssisäteilytilanne, 1 kW/m<sup>2</sup>

Kennostoon kohdistuva auringon säteilyn energia vuoden aikana lasketaan kaavalla 19 [5, s. 66].

$$G_{aur} = G_{aur,hor} * F_{asento} \quad (19)$$

, jossa

$G_{aur,hor}$  on vaakatasolle osuvan auringon säteilyn kokonaisenergian määrä vuodessa, SRMK D3:n liite 2 [7, s. 30–32], kWh/m<sup>2</sup>

$F_{asento}$  on aurinkosähkökennon ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin, kaava 22, –

Aurinkosähkökennojen tuottama suurin sähköteho  $P_{maks}$  on laitteen testattu teho standardiolosuhteissa. Mikäli laitteen tuottamaa tehoa ei ole testattu tai testattua tulosta ei ole käytettävissä, täytyy  $P_{maks}$  laskea kaavalla 20. [5, s. 67.]

$$P_{maks} = K_{maks} * A_{kenno} \quad (20)$$

, jossa

$K_{maks}$  on huipputehokerroin, joka riippuu aurinkosähkökennon tyypistä, taulukko 5, kW/m<sup>2</sup>

$A_{kenno}$  on aurinkosähkökennon pinta-ala (ilman kehystä), m<sup>2</sup>

Käyttötilanteen toimivuuskerroin  $F_{käyttö}$  on kerroin, joka huomioi ympäristön vaikutuksia kuten sähkön inversio tasavirrasta vaihtovirtaan, kennon toimintalämpötilan vaikutuksen ja asennusympäristön vaikutuksen [5, s. 67].

Laskentamenetelmässä ei huomioida ympäristön ja rakennusten aiheuttamia varjostuksia aurinkokennoille, mutta varjostuksien vaikutukset voidaan ottaa huomioon korjaamalla kerrointa  $F_{käyttö}$  varjostuksen suhteellisella määrällä koko kennoston pinta-alasta. Tämä lasketaan kaavalla 21. [5, s. 67.]

$$F_{käyttö} = 1 - A_{varjostus}/A_{kenno} \quad (21)$$

, jossa

$A_{\text{varjostus}}$  on ympäristön aiheuttama varjostuksen pinta-ala aurinkokennolle,  $\text{m}^2$

Aurinkokennojen mahdolliset apuenergiat eivät ole mukana laskentamenetelmässä, tai niitä ei lasketa erikseen. Aurinkokennojen tuottamassa energiassa on mukana ainoastaan nettoenergia. [5, s. 67.]

Laskettaessa rakennuksen energiatasetta, aurinkokennojen tuottamaa lämpöä tai niistä talteen otettavaa lämpöä ei oteta huomioon [5, s. 67].

Aurinkosähkökennon ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin  $F_{\text{asento}}$  lasketaan kaavalla 22 [5, s. 67].

$$F_{\text{asento}} = F_1 * F_2 \quad (22)$$

, jossa

$F_{\text{asento}}$  on aurinkosähkökennon ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin, –

$F_1$  on ilmansuunnan mukainen kerroin, –

$F_2$  on kallistuksen mukainen kerroin, –

Taulukoista 5–8 löytyvät korjauskertoimet kaavaan 22  $F_{\text{asento}}$ .

Taulukko 5. Ilmansuunnan mukainen kerroin  $F_1$  [5, s. 67]

Suuntaus	$F_1$ , -
etelä/kaakko/lounas	1
itä/länsi	0,8
pohjoinen/koilinen/luode	0,6

Taulukko 6. Kallistuksen mukainen kerroin  $F_2$  [5, s. 67]

Kallistuskulma	$F_2$ , -
$< 30^\circ$	1
$30^\circ - 70^\circ$	1,2

> 70°	1
-------	---

Taulukko 7. Huipputehokerroin  $K_{maks}$ , joka riippuu aurinkosähkökennon tyypistä. [5, s. 68]

Aurinkosähkökennon tyyppi	Huipputehokerroin, $K_{maks}$ , kW/m <sup>2</sup>
piipohjaiset yksinkiteiset kennot *	0,12 – 0,18
piipohjaiset monikiteiset kennot *	0,10 – 0,16
ohutkalvo kiteetön pii kennot	0,04 – 0,08
muut ohutkalvotekniikalla toteutetut kennot	0,035
ohutkalvotekniikalla toteutettu CuInGaSe <sub>2</sub> kenno	0,105
ohutkalvotekniikalla toteutettu CdTe kenno	0,095
* pakkastiheys >80 %	

Taulukko 8. Käyttötilanteen toimivuuskerroin  $F_{käyttö}$  [5, s. 68]

Aurinkokennon asennustapa	Käyttötilanteen toimivuuskerroin, $F_{käyttö}$ , -
Tuulettamaton moduuli	0,70
Hieman tuuletettu moduuli	0,75
Voimakkaasti tuuletettava tai koneellisesti tuuletettu moduuli	0,80

#### 4.4.2 Kuukausitason aurinkosähkön tuoton laskenta

Kuukausittainen aurinkosähköpaneelien sähkön tuotto voidaan laskea jakamalla vuositasen tuotto SRMK D3 liite 2 [7, s. 30–32] ja samoista taulukoista löytyvät kuukausitason säteilyenergian tuoton arvot, jolloin saadaan prosentuaalinen tuotto vuosi tuotosta. Jos esimerkiksi vaakatasolle kohdistuva kuukauden säteilysumma on 8 % koko vuoden säteilystä, kuukauden sähköntuotto on 8 % koko vuoden sähköenergian tuotosta (kaava 18). [4, s. 22; 5, s. 66]

## 5 Laskenta

Aurinkolämpöenergian laskemiselle on kaksi tapaa, on ovat esitetty tämän opinnäytetyön luvuissa 5.1.1 ja 5.1.2. Ennen laskentaan ryhtymistä on hyvä tarkistaa energialaskusta tai kulutusraportista laskutettua energiamäärää ko. rakennuksesta, jolloin saadaan tietoon, minkä kokoinen järjestelmä kannattaisi kohteeseen hankkia, kun laskennat ovat suoritettu.

Laskentaan voidaan lähteä liikkeelle oletusarvoilla, jolloin pystytään sitten kun laskenta on suoritettu vertaamaan sitä laskutettuun energiaan. Pienimmän kuukausittaisen lasketun energian määrää voidaan pitää tässä laskennassa ”pohjatehona”. Jos kyseessä

on uudiskohde, laskenta suoritetaan vain oletusarvoilla ja arvioidaan tulevaa kulutusta laskelmilla.

Aurinkosähköpaneelille voidaan laskennassa lähteä liikkeelle ko. rakennuksen pohjasähkön kulutuksesta, joka koitetaan kattaa kokonaisuudessa aurinkosähköpaneelien energian tuotolla. Tällöin ei tule ylijäämäsähköä, koska tätä ei pystytä kaikissa kunnissa hyötykäyttämään eli siirtämään takaisin sähkön jakelu verkkoon, josta saadaan hyvitystä sähköyhtiöltä. Ylituotossa täytyy ottaa huomioon myös se, etteivät sähköyhtiöt maksa täyttä hintaa takaisin syötetystä sähköenergiasta.

Ennen laskentaan ryhtymistä aurinkosähkön osalta kannattaa varmistaa paikalliselta sähköyhtiöltä, ostaisiko se takaisin sähköverkkoon syötetyn energian, jolloin voidaan rakennuksen käytön mukaan kasvattaa sähköpaneelien määrää.

## 5.1 Aurinkolämpöjärjestelmän tuotto

### 5.1.1 Yksinkertaistettu menetelmä SRMK D5:n menettelytavan mukaan

Tämän laskentatavan teoria on selitetty luvussa 4.1.1. Tällä tavalla laskiessa saadaan tulokset vuositasona. Laskennassa käytetään kaavaa 3. [5, s. 46]

Arvoina käytetään joko taulukko- tai vakioarvoja ja jollei ko. arvoa ole annettu, se saadaan rakennuksen lähtötiedoista esim. kaukolämpöyhtiöltä tai sähköyhtiöltä. Näin ollen taulukosta 3 [5, s. 46] saadaan  $q_{\text{aurinkokeräin}}$ , kun kyseessä on rakennus, joka sijaitsee Klaukkalassa eli vyöhykkeellä 1, arvoksi  $156 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ . Taulukosta 4 [5, s. 46] saadaan kertoimen  $k_{\text{aurinkokeräin}}$  arvoksi 1,0, kun suuntauksena oletetaan olevan etelä-kaakko ja keräimen kallistuskulmana 30–70 astetta.  $A_{\text{aurinkokeräin}}$  lasketaan neljälle (4) henkilölle [6] ja, kun lämpimän käyttöveden kulutukseksi oletetaan 50 litraa henkilöä kohden [5, s. 24] vuorokaudessa tämä tarkoittaa  $2,5 \text{ m}^2$  keräinpinta-alaa henkilöä kohden [4, s.10]. Tästä saadaan keräinpinta-alaa  $10 \text{ m}^2$ .

$$Q_{\text{aurinko}} = 156 \text{ kWh/m}^2, \text{a} * 10 \text{ m}^2 * 1 = 1560 \text{ kWh/a} \quad (3)$$



### 5.1.2 Kuukausitason tapa

Tässä tavassa lasketaan aurinkolämmitysjärjestelmän kulutus ja tuotto. Lasketaan kuukausitason tuotto seuraten luvun 4.2.1 esitettyjä arvoja käyttäen joko taulukko tai vakioarvoja, ellei ole käytettävissä tarkempaa lähtötietoa.

Laskenta on tehty vastaamaan tarvittavaa ”pohjatehoa”, joka on saatu kaukolämmön kulutusraportista (liite 7). Laskenta on myös tehty pelkästään vastaamaan asuntojen henkilöiden käyttöveden kulutusta. Molemmat laskelmat ovat liitteessä 1.

Tässä työssä käytetään Savo-Solar Oy:n aurinkolämpökeräintä SF100-03. Lähtötietoja esimerkkikohteesta on seuraavassa listassa:

- rakennus sijaitsee säävyöhykkeellä 1, Klaukkala
- rakennuksen pinta-ala noin 4 800 brm<sup>2</sup>
- aurinkokeräintenpinta-ala 74 (asukkaiden mukaan 9) m<sup>2</sup>
- keräimet ovat ns. single harp tasokeräimiä, hyötysuhde  $\eta_0 = 88 \%$
- keräimet suunnataan etelään ja säädetään 45 asteen kallistukseen
- asukkaita 6 kpl
- lämpimän käyttöveden tarve on 50 l/hlö/vrk eli 300 l/vrk
- lämpimän käyttöveden lämpötila on 58 astetta ja kylmän veden 8 astetta
- putkisto on eristetty perustason mukaisesti villakouruilla, jotka on näkyviltä osin päällystetty muovilla, lämpimälle vedelle on kiertojohto
- varaajaksi on suunniteltu 3 000 l, toisessa laskentatapauksessa riittäisi 500 l varaaja
- kiertopumpun teho 40 W.

Ennen kuin  $Q_{\text{tuotto}}$  pystytään laskemaan, täytyy kaavasta laskea tuntemattomat suureet. Laskennassa seurataan Aurinkolaskentaoppaan järjestystä [4, s. 11–14]. Aurinkolaskentaoppaassa on liitteenä esimerkkilaskelma, joka on laskettu samalla tavalla [4, s. 27–31]. Tämän kohteen laskenta on suoritettu Excel-ohjelmalla, joka on tässä työssä liitteenä 1. Laskelman kulussa on käytetty excel-laskelman arvoja rakennuksen ”pohjatehon” mukaan ja laskelmakuukautena elokuuta.

X lasketaan kaavalla 7 [4,; s. 11].

$$X = \frac{74 \text{ m}^2 * 4,96 \text{ W/m}^2\text{K} * 0,8 * 40,86 \text{ K} * 744 \text{ h} * 1,17}{608,1 \text{ kWh/kk}} = 17,113 \quad (7)$$

Y lasketaan kaavalla 12 [4, s. 12].

$$Y = \frac{74 \text{ m}^2 * 0,93 * 0,88 * 0,8 * 143,17 \text{ kWh/m}^2}{608,1 \text{ kWh/kk}} = 11,407 \quad (12)$$

Keräinpiirin lämpöhäviökerroin  $U_c$  lasketaan kaavalla 8 [4, s. 12].

$$U_c = 3,35 \text{ W/m}^2\text{K} + 40 * 0,026 \text{ W/m}^2\text{K} + \frac{42}{74} = 4,96 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (8)$$

Lämpötila ero  $\Delta T$  kaavaan 7, lasketaan kaavalla 13 [4, s. 13].

$$\Delta T = 56,91 \text{ K} - 16,05 \text{ K} = 40,86 \text{ K} \quad (13)$$

Varaajan kapasiteetin  $c_{cap}$  korjauskerroin lasketaan kaavalla 15 [4, s. 13].

$$c_{cap} = \left( \frac{3000 \text{ l}}{75 \text{ l/m}^2 * 74 \text{ m}^2} \right)^{-0,25} = 1,17 \quad (15)$$

Kaavaa 15 käytetään, kun tilavuus vesivaraajassa poikkeaa referenssitilavuudestaan. Aurinkolämmön vesivaraaja, jossa on lisälämmitys, täytyy ottaa huomioon korjauskertoimen avulla, mutta tässä tapauksessa sellaista ei ole.

Nyt pystytään laskemaan  $Q_{tuotto}$  käyttäen vakiokertoimia ja laskettuja suureita.  $Q_{tuotto}$  lasketaan kaavalla 6. [4, s. 11.]

$$Q_{tuotto} = 1 * ((1,029 * 11,407) + (-0,065 * 17,113) + (-0,245 * 11,407^2) + (0,0018 * 17,113^2) + (0,0215 * 11,407^3) + (0 * 17,113^3)) * 608,1 \text{ kWh} = 6801,49 \text{ kWh} \quad (6)$$

## 5.2 Aurinkosähköjärjestelmän tuotto

Aurinkosähköjärjestelmän tuotto lasketaan kaavalla 18, mutta ennen kuin tämä pystytään laskemaan, täytyy kaavasta avata tuntemattomat suureet. Tässä laskennassa seurataan SRMK D5:n laskentaa [5, s. 66–68]. Aurinkolaskentaoppaassa on liitteenä samaa laskentatapaa noudattava laskenta. [4, s. 32–33.]

$G_{aur}$  lasketaan kaavalla 19 [5, s. 66].  $G_{aur, hor}$  saadaan SRMK D3:sta, jolloin lukuarvo on  $975 \text{ kWh/m}^2$  [7, s. 30]. Tähän tarvittavat kertoimet ovat taulukoissa 5 ja 6 [5, s. 67] ja ottaen huomioon rakennuksen sijainnin ja paneelien sijoitusmahdollisuudet saadaan kertoimet 1 ja 1,2.

$$G_{aur} = 975 \text{ kWh/m}^2 * 1 * 1,2 = 1170 \text{ kWh/m}^2 \quad (19)$$

$P_{maks}$  lasketaan kaavalla 20 [5, s. 67], johon tarvitaan monikidepaneelin taulukko arvo, taulukosta 7. Tässä tapauksessa käytetään arvoa  $0,14 \text{ kW/m}^2$  ja paneelien pinta-alana  $68 \text{ m}^2$ , joka on pakettitoimittajan ilmoittama neliömäärä. [2]

$$P_{maks} = 0,14 \text{ kW/m}^2 * 68 \text{ m}^2 = 9,52 \text{ kW} \quad (20)$$

Nyt voidaan laskea kaava 18, koska muut arvot ovat taulukkoarvoja tai vakioarvoja.  $F_{käyttö}$  on käyttöympäristön huomioon ottava kerroin, josta saadaan myös korjattua mahdolliset varjostukset.  $F_{käyttö}$  saadaan taulukosta 8 [5, s. 68]. Tässä tapauksessa varjostuksia ei ole, eli niitä ei tarvitse ottaa huomioon.

$$W_{pv} = \frac{1170 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} * 9,52 \text{ kW} * 0,7}{1 \text{ kW/m}^2} = 7796,88 \text{ kWh/a} \quad (18)$$

## 6 Laskennan yhteenveto ja tulokset

Kun vuositason laskentaa verrataan kuukausitason laskentaan, huomataan että laskelmissa on huomattava ero. Vuositason yksinkertaista laskentatapaa ei ole kannattavaa käyttää missään ns. oikeassa kohteessa, koska laskelma antaa liian karkean arvion tuotosta. Kuukausitason laskenta on esitetty liitteessä 1 molemmilla tilanteilla. Liitteenä 2 on toisen opinnäytetyön laskentaohjelma, jolla on laskettu ”pohjateho”-tapaus [12].

Toisen opinnäytetyön laskentaohjelmalla laskeissa aurinkolämpöjärjestelmän tuottoa huomataan, että tässä laskentaohjelmassa käytetään hyötysuhteena koko systeemin hyötysuhdetta eikä keräimen hyötysuhdetta. Tähän opinnäytetyöhön tehdyssä laskentaohjelmassa käytetään laskennassa suoraan valmistajan ilmoittamaa hyötysuhdetta tehontuoton laskennassa, jolloin tulokseksi muodostuu suurempi energiamäärä kuin käytäessä koko systeemille laskettua hyötysuhdetta.

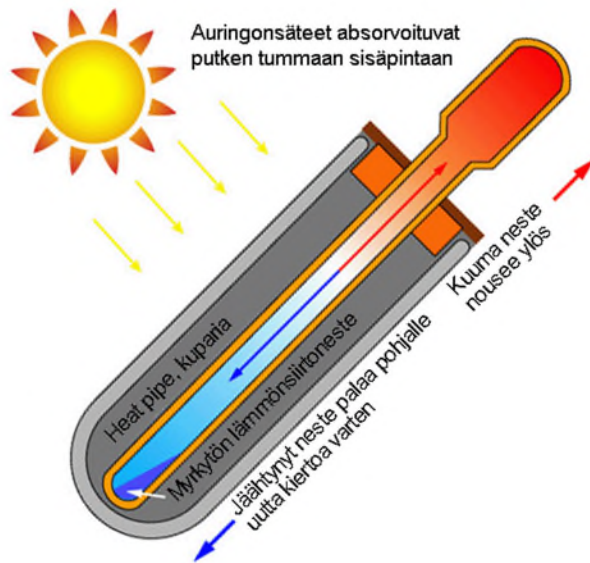
Liitteen 2 laskelma on tehty tarkastelemaan kannattavuutta ja aurinkopaneelien prosentuaalista kasvua tehon tuotossa. Samoin kaavallisesti eroavaisuuksia ja laskennan tuloksia voidaan vertailla.

## 7 Aurinkolämpöjärjestelmän keräimet ja sähköjärjestelmän paneelit

Aurinkolämpöjärjestelmälle on olemassa erilaisia keräimiä. Tässä työssä tarkastelussa on tasokeräin, jolla on suomalainen valmistaja. Hinnat keräimillä ja paneeleilla ovat suhteellisen tasoissa toisiinsa nähden. Pieniä eroja on valmistajien välillä, mutta näissä tapauksissa täytyy ottaa huomioon useita asioita, jos hakee sitä markkinoiden parasta. Keräintä ja paneelia ei voi suoraan verrata keskenään, koska järjestelmät ovat toisiinsa nähden erilaiset. Kuvissa 11–14 on esitetty erilaiset keräimet ja paneelit, joita on markkinoilta tällä hetkellä.



Kuva 11. Tyhjiöputkikeräin asennettuna hieman varjostavaan paikkaan [15].



Kuva 12. Tyhjiöputkikeräimen toimintaperiaate [16].



Kuva 13. Aurinkolämpökeräin. Savosolar SF100-03 [17].





Kuva 14. Aurinkosähköpaneeli [18].

## 8 Kustannusarvio ja elinkaarilaskelma

### 8.1 Aurinkolämpöjärjestelmä

Aurinkokeräinjärjestelmä tulee ko. kohteessa kustantamaan noin 64 900 € (alv 0 %). Tämä hinta-arvio on tehty vastaamaan ”pohjatehon” korvaavaa aurinkolämpöjärjestelmää. Hinta-arviota ei tehty vastaamaan pelkästään asukkaiden mukaan laskettua keräjäpinta-alaa, koska järjestelmässä on sellaisia kiinteitä kustannuksia, jotka ovat riippumattomia aurinkojärjestelmän koosta. Nämä kiinteät kustannukset ovat määräävä tekijä aurinkojärjestelmän kustannuksissa ja kannattavuudessa.

Tämä summa koostuu seuraavista asioista [2; 26; 27]:

- keräimet (74 m<sup>2</sup>) n. 12 000 € (alv 0 %)
- putkisto DN25 n. 17 500 € (alv 0 %)
- pumppu ja putkistovarusteet n. 1 500 € (alv 0 %)
- automaatio n. 3 000 € (alv 0 %)
- paisuntasäiliö asennettuna n. 300 € (alv 0 %)
- keräimien asennus vesikatolle n. 2 000 € (alv 0 %)
- järjestelmän nesteet n. 600 € (alv 0 %)
- 3 000 l:n varaaja asennettuna n. 3 500 € (alv 0 %)
- rakennusaputyöt n. 6 000 € (alv 0 %)

- sähkötyöt n. 3 000 € (alv 0 %)
- työhön lisätty kate (12 %) n. 5 500 € (alv 0 %)
- suunnittelu ja rakennuttaminen 10 000 € (alv 0 %).

Tässä on laskettu kaikki tarvittu mukaan, että saadaan aurinkolämpöjärjestelmä toteutettua tähän kohteeseen, eli täydellinen järjestelmä asennuksineen ja lisävarusteineen sekä työn kate. Rakennustekniset aputyöt ja sähkötyöt on laskettu vastaamaan tätä kohdetta. Laskelma ei sisällä mahdollisia varauksia.

Kunnat myöntävät korjaus- ja energia-avustusta, joka on harkinnanvarainen energia-avustus. Avustusten takana on ARA, joka ohjeistaa ja avustaa hakemisessa, myöntämisessä ja maksamisessa. ARA myös valvoo järjestelmän toimintaa kunnissa. Yritykset ja kunnat taas voivat hakea tukea aurinkoenergiainvestointeihin 20–30 % työ- ja elinkeinoministeriöstä tai ELY:stä. [1]

Aurinkolämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika lasketaan kaavalla 23. [23]

$$\frac{\text{Investoinnin hankintameno}}{\text{Vuotuiset nettotuotot}} = \text{takaisinmaksuaika vuosissa} \quad (23)$$

Investointi on 64 900 € ja vuotuiset nettotuotot lasketaan kaavalla 24. Nettotuoton laskennassa on käytetty liitteestä 7 saatavaa laskutettua kokonaisenergiamäärää vuodelle 2014. Energiantuotona on käytetty liitteestä 1 saatavaa vuosittaisen aurinkolämpöjärjestelmän energiantuottoa.

$$627,6 \text{ MWh} * 51,22 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} - (627,6 \text{ MWh} - 69,1 \text{ MWh}) * 51,22 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 3539,3\text{€} \quad (24)$$

Energian hintana tässä on käytetty Nurmijärven sähkön ilmoittamaa kaukolämmönmyyntihinnaston mukaista 51,22 €/MWh (alv 0 %) summaa. Nyt voidaan laskea suorataksinmaksuaika kaavalla 23.

$$\frac{64\,900 \text{ €}}{3539,3 \text{ €}} = \text{noin } 18 \text{ vuotta} \quad (23)$$

## 8.2 Aurinkosähköjärjestelmä

Aurinkopaneelijärjestelmä tulee tähän kohteeseen maksamaan noin 20 000 € (alv 0 %).

Tämä hinta-arvio on tehty vastaamaan pohjatehon kattavaa aurinkosähköjärjestelmää. Tämä summa koostuu seuraavista asioista:

- aurinkopaneelipaketti, toimittaja Finnwind [3] 15 600 € (sis. alv 24 %)
- rakennusaputyöt ja kate n. 2 300 € (alv 0 %) [26]
- sähkötyöt ja kate n. 2 300 € (alv 0 %) [26]
- työn suunnittelu n. 2 500 € (alv 0 %) [26]
- asennuksen matkakulut ja toimitusmaksu n. 300 € (alv 0 %). [26]

Tähän summaan on laskettu samalla tavalla kuin aurinkokeräinjärjestelmään kaikki tarvittava mukaan, jotta järjestelmä saadaan toimintakuntoon, eli täydellinen järjestelmä asennuksineen ja lisävarusteineen sekä työn kate. Tähän kustannukseen on myös otettu huomioon suunnittelu ja dokumentaatio samoin kuin rakennuttaminen. Rakennustekniset aputyöt ja sähkötyöt on laskettu vastaamaan tätä kohdetta.

Kunnat myöntävät avustusta aurinkosähköjärjestelmille 35 %. Myös aurinkosähkön avustuksessa on samalla tavalla ARA mukana kuin se on aurinkokeräinjärjestelmillä. [1]

Aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika lasketaan samalla kaavalla kuin aurinkolämpöjärjestelmä eli kaavalla 23 [23].

Investointi on noin 20 000 € (alv 0 %), ja tähän lisättynä alv hinnaksi saadaan 24 776 € (alv 24 %) ja vuotuiset nettotuotot lasketaan kaavalla 24. Tässä laskennassa käytetään hintoja alv 24 %, koska sähkönhinnoista saatiin vain hintatiedot alv 24 %. Nettotuoton laskennassa on käytetty pohjatehoa 10 kW kesäajan pienimmän tunnitaisen kulutuksen 10 kWh:n mukaan [25]. Tällöin pohjatehon vuosikulutus on 87 600 kWh/a. Aurinkosähköpaketin ilmoitettu järjestelmä 10,2 kW<sub>p</sub> ja 40 kpl monikidepaneeleita tuottaa noin 7 800 kWh/a, joka on laskettu kaavalla 18.

$$87\,600\text{ kWh} * 0,113 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} - (87\,600\text{ kWh} - 7800\text{ kWh}) * 0,113 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 881,4\text{€} \quad (24)$$



Sähköenergian hintana tässä on käytetty Nurmijärven sähkön ilmoittamaa sähköhinnaston mukaista energianhintaa 0,0556 €/kWh (alv 24 %), sähkönsiirtohintaa 0,0297 €/kWh (alv 24 %) ja sähköveroa 0,0279 €/kWh (alv 24 %) ja näistä saatavaa summaa 0,113 €/kWh (alv 24 %). Nyt voidaan laskea suorataksinmaksuaika kaavalla 23.

$$\frac{24\,776\text{ €}}{881,4\text{ €}} = \text{noin } 28 \text{ vuotta} \quad (23)$$

## 9 Yhteenveto ja johtopäätökset

Esimerkkikohteena on Klaukkalan kirkko. Nurmijärven seurakunta tilasi selvitystyön Insinööritoimisto Äyräväinen Oy:ltä, jossa opinnäytetyön tekijä työskentelee ja työn tarkoituksena oli selvittää mahdollinen aurinkoenergian hyödyntäminen Klaukkalan kirkossa. Tarkoituksena oli saada tietoon kustannus ja säästö potentiaaliselle ja toteutuskelpoiselle järjestelmälle ja tätä kautta myös mahdollisesti hyödyntää sitä muihinkin seurakunnan rakennuksiin.

Työ toteutettiin lähtökohtaisesti vastaamaan työtarjousta, mutta työn muodostuessa siitä saatiin opinnäytetyön aihe aikaan. Insinööritoimisto Äyräväisellä ei ole olemassa aurinkoenergian hyödyntämiseen tehtyä ohjetta, jolloin opinnäytetyö sai tavoitteeksi vastata tarjottua työtä ja samalla auttaa jatkossa muita suunnittelijoita yrityksessä ja yleisestikin toteuttamaan samanlaiset tarjouspyynnöt tarvittaessa.

Opinnäytetyön tuloksiin päästiin pääosin hyödyntämällä Aurinkolaskentaopasta sekä SRMK D3 ja D5. Esimerkkikohteelle koetettiin saada laskelmilla osoitettua toteutuskelpoinen aurinkojärjestelmä, mutta kohteessa on niin erikoinen käyttö kesäaikana, ettei millään järjestelmällä saatu aikaiseksi sellaista laskelmaa, jolla aurinkoenergian hyödyntäminen olisi ollut taloudellisesti kannattavaa, suurien kiinteiden kustannuksien takia.

Esimerkkikohteelle laskettiin kaksi toteutusmahdollisuutta: aurinkoenergian hyödyntäminen käyttöveden lämmitykseen ja aurinkoenergian muuntaminen käyttösähköksi aurinkopaneeleita käyttäen. Yleisesti ottaen yli 10 vuoden takaisinmaksuajalla olevat sijoitukset ovat rakentamiseen liittyvissä hankinnoissa kannattamattomia, ja tässä tapauksessa molemmilla järjestelmillä mentiin kannattavuuden rajan ylitse. Aurinkolämpöjärjestelmän takaisinmaksuajaksi saatiin 18 vuotta ja aurinkosähköjärjestelmälle 28 vuotta. Jopa halvempi järjestelmä ylitti kannattavuuden rajan, jolloin tällaisen järjestelmän hankkiminen

esimerkkikohteeseen onkin enemmän uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistä ja hiilijalanjäljen pienentämistä eli ekologista ajattelua ja rakentamista edistävää toimintaa.

Tällä hetkellä aurinkojärjestelmän hankinta tällaiseen kohteeseen on taloudellisesti kannattamatonta, mutta samalla voidaan miettiä tulevaisuutta ja olla edelläkävijöitä aurinkoenergian hyödyntämisessä. Tulevaisuudessa on jo tällä hetkellä, kun opinnäytetyötä tehdään näkyvissä selvää säästöpotentiaalia aurinkosähköjärjestelmässä ko. kohteessa. Kun järjestelmä kerran asennetaan, sitä pystytään laajentamaan mahdollisuuksien mukaan, ja ottaen huomioon sähkönsiirron ja sähköveron hintojen nousut, säästöpotentiaali kasvaa vain entisestään.

Noin 5–10 vuoden päästä opinnäytetyön tekemisestä, jos tarkastellaan samaan kohteeseen samankaltaisia järjestelmiä, mutta sen hetkisillä markkinoilla voidaan olettaa, että saatetaan päästä jopa 10–12 vuoden takaisinmaksuajalla oleviin järjestelmiin. Tähän täytyy olettaa, että energian hinta nousee ja sähköyhtiöt alkavat maksaa takaisin verkkoon syötetystä energiasta tuottajalle.

Nurmijärven seurakunnan ja Klaukkalan kirkon suositellaan teettävän samanlainen tarkastelu, kuin tehtiin tämän opinnäytetyön tiimoilta, viimeistään 10 vuoden päästä, jos ne päättävät olla hankkimatta aurinkoenergiajärjestelmää tämän selvitystyön jälkeen.

## Lähteet

- 1 FinSolar. 2015. Verkkodokumentti. <<http://www.finsolar.net/>>. Luettu 16.11.–22.12.2015.
- 2 Savo-Solar SF100-03. 2015. Verkkodokumentti. <<http://www.savosolar.fi/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/sf100-03>>.
- 3 Aurinko E10.4, paneeliteho 10.4 kWp, SMA 3-vaihe. 2015. Verkkodokumentti <<http://www.verkkokauppa.finnwind.fi/tuotteet.html?id=1/93>>.
- 4 Aurinkolämmön laskentaopas 2012 (VTT). Verkkodokumentti. <<http://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset>>.
- 5 Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 6 Vuoriheimo, Raimo. 2015. Kiinteistöpäällikkö. Nurmijärvi. Puhelinkeskustelu 17.11.2015.
- 7 Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 8 Nurmijärven seurakunta. Verkkodokumentti. <[www.nurmijarvenseurakunta.fi/klaukkalan-kirkko](http://www.nurmijarvenseurakunta.fi/klaukkalan-kirkko)>. Luettu 15.4.2016.
- 9 Klaukkalan kirkon julkisivu kuva. 2016. Verkkodokumentti. <[www.rakentaja.fi](http://www.rakentaja.fi)>. Luettu 15.4.2016.
- 10 Tallennettu julkisivukuva verkkoalbumiin. 2015. Verkkodokumentti. <[www.pano-ramio.com](http://www.pano-ramio.com)>. Luettu 15.4.2016.
- 11 Kohdekäynti. Nurmijärvi, Klaukkala. 23.10.2015.
- 12 Rakennuskoski, Jouni. 2014. Aurinkolämmityksen tekniikka ja energiatuoton laskenta. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 13 Tapaninen, Lari. 2015. Aurinkolämpöjärjestelmän tarkastus ja vian määrittäminen. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 14 Verkkoinvertterit. 2015. Verkkodokumentti. <<http://www.verkkokauppa.finnwind.fi/tuotteet.html?id=11>>. Luettu 19.4.2016.
- 15 Tyhjiöputkikeräimen esimerkkiasennus omakotitalon katolle, käyttäjän kuva. 2015. Verkkodokumentti. <[www.suomela.fi](http://www.suomela.fi)>. Luettu 4.4.2016.

- 16 Tyhjiöputken toiminta. 2016. Verkkodokumentti. <[www.aurinkopuisto.com](http://www.aurinkopuisto.com)>. Luettu 4.4.2016.
- 17 Esimerkki aurinkopaneeli. 2016. Verkkodokumentti. <[www.savosolar.fi](http://www.savosolar.fi)>. Luettu 4.4.2016.
- 18 Yksikidepaneeleita. 2016. Verkkodokumentti. <[www.wikipedia.fi](http://www.wikipedia.fi)>. Luettu 4.4.2016.
- 19 Monikidepaneeleita Kiinasta. 2016. Verkkodokumentti. <[www.ilmaisenergia.info](http://www.ilmaisenergia.info)>. Luettu 19.4.2016.
- 20 Yksikidepaneeleita. 2016. Verkkodokumentti. <[www.jakorasia.net](http://www.jakorasia.net)>. Luettu 19.4.2016.
- 21 Jeskanen, Pave. 2014. Kannettava kaiutinyksikkö. Opinnäytetyö. Lahden Ammattikorkeakoulu.
- 22 Sähkön varastointi vielä lapsenkengissä – Akku rajallinen energiavarasto. Verkkodokumentti. <<http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/sahkon-varastointi-lapsenkengissa-akku-on-rajallinen-energiavarasto-3482107>>. Luettu 19.4.2016.
- 23 Marttila, Aino-Kaisa. 2011. Investoinnin kannattavuus ja takaisinmaksuaika: Ostolaskujen käsittelyjärjestelmäinvestointi. Opinnäytetyö. Tampereen Ammattikorkeakoulu.
- 24 Arola, Jouni. 2016. Lahden tilakeskus. Energiatehokkaan korjausrakentamisen hankintojen kompastuskivet. Verkkodokumentti. <[http://www.motivanhankintapalvelu.fi/files/639/Jouni\\_Arola\\_Lahden\\_Tilakeskus.pdf](http://www.motivanhankintapalvelu.fi/files/639/Jouni_Arola_Lahden_Tilakeskus.pdf)>. Luettu 19.4.2016.
- 25 Nurmijärven Sähkö, Venla-palvelu. Verkkodokumentti. <<http://kuluttaja.rejlers.fi/nurmijarvi/app/>>. Luettu 20.1.2016.
- 26 Haahtela, Yrjänä. 2015. Talonrakennuksen kustannustieto.
- 27 Tasokeräimet. 2016. Verkkodokumentti. <[http://www.energiakauppa.com/epages/energiakauppa.sf/fi\\_FI/?ObjectPath=/Shops/2014082005/Categories/Aurinkolaempoe/Aurinkokeraein/Tasokeraeimet](http://www.energiakauppa.com/epages/energiakauppa.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/2014082005/Categories/Aurinkolaempoe/Aurinkokeraein/Tasokeraeimet)>. Luettu 19.4.2016

Aurinkolämpöjärjestelmän kuukausitason laskenta

Liite 1

Sivu 1

	Auringon kokonaissäteilyenergia vaakatasolle	Korjauskerroin etelään suunnatulle keräimelle 45 astetta	Auringon kokonaissäteilyenergia 45 asteen kallistetulle pinnalle	pvä/kk	tunteja/kk	Auringon keskimääräinsäteilyenergia 45 asteen kallistetulle pinnalle kuukaudessa
	Gsäteily, vaakap.		Qkeräin			
	kWh/m2		kWh/m2	d	h	W/m2, kk
Tammikuu	6,2	1,75	10,85	31	744	14,58
Helmikuu	22,4	1,78	39,87	28	672	59,33
Maaliskuu	64,3	1,57	100,95	31	744	135,69
Huhtikuu	119,9	1,24	148,68	30	720	206,49
Toukokuu	165,5	1,06	175,43	31	744	235,79
Kesäkuu	168,6	0,98	165,23	30	720	229,48
Heinäkuu	180,9	1,02	184,52	31	744	248,01
Elokuu	126,7	1,13	143,17	31	744	192,43
Syyskuu	82,0	1,33	109,06	30	720	151,47
Lokakuu	26,2	1,55	40,61	31	744	54,58
Marraskuu	8,1	1,56	12,64	30	720	17,55
Joulukuu	4,4	1,00	4,40	31	744	5,91
Vuosi		1,2				
<b>Yht/vuosi</b>	<b>975,2</b>		<b>1135,4</b>	<b>365</b>	<b>8760</b>	

Veden ominaislämpökapasiteetti	4,19 kJ/kgK
Lämpötila ero	58-8
Aurinkokeräimien pinta-ala	74 m2
Lämpimän käyttöveden tarve	50 l/vrk/hlö
	6 hlöä
yht.	300 l/vrk
Keräimen hyötysuhde	88 %
lämpöhäviötermi a1:	3,35 W/m2K
lämpöhäviötermi a2:	0,026 W/m2K
IAM	0,93
UL	42 W/K
UC	4,96 W/m2K
nkierto	0,8
θhw	40
θcw	5

0,88

Lämpimän käyttöveden (LKV) kuukausittainen häviötön lämmityksen tarve	LKV kuukausittainen lämmityksen tarve + häviöt	Ulkoilman keskilämpötila, $\theta_e$	$\theta_{ref}$	Referenssilämpötilaero	X	Y	Aurinkolämpöjärjestelmän tuotto tarkastelujaksolla
	Qtarve	Tu		dT			Qtuotto, A
kWh/kk	kWh/kk	C	C	C			kWh
541,21	608,1	-3,97	83,34	87,31	36,5635	0,864	456,14
488,83	549,3	-4,50	84,04	88,54	37,0784	3,517	872,43
541,21	608,1	-2,58	81,51	84,09	35,2130	8,043	2162,95
523,75	588,5	4,50	72,16	67,66	28,3344	12,240	8780,58
541,21	608,1	10,76	63,90	53,14	22,2524	13,977	15002,54
523,75	588,5	14,23	59,32	45,09	18,8811	13,603	13061,54
541,21	608,1	17,30	55,26	37,96	15,8984	14,701	18188,29
541,21	608,1	16,05	56,91	40,86	17,1129	11,407	6801,49
523,75	588,5	10,53	64,20	53,67	22,4759	8,979	2647,56
541,21	608,1	6,20	69,92	63,72	26,6827	3,236	632,39
523,75	588,5	0,50	77,44	76,94	32,2206	1,040	355,38
541,21	608,1	-2,19	80,99	83,18	34,8341	0,351	152,92
		5,57					

**69114,20**

<u>Varaaja</u>	
x	0,3
Vnim	3000 l
VLL	200 l
Vref	75 l/m <sup>2</sup>
fapu	0
Vtod	3000 l
ccap	1,17

	Auringon kokonaissäteilyenergia vaakatasolle	Korjauskertoimen etelään suunnatulle keräimelle 45 astetta	Auringon kokonaissäteilyenergia 45 asteen kallistetulle pinnalle	pvä/kk	tunteja/kk	Auringon keskimääräinsäteilyenergia 45 asteen kallistetulle pinnalle kuukaudessa
	Gsäteily, vaakapinta					
	kWh/m2		kWh/m2	d	h	W/m2
Tammikuu	6,2	1,75	10,85	31	744	14,58
Helmikuu	22,4	1,78	39,87	28	672	59,33
Maaliskuu	64,3	1,57	100,95	31	744	135,69
Huhtikuu	119,9	1,24	148,68	30	720	206,49
Toukokuu	165,5	1,06	175,43	31	744	235,79
Kesäkuu	168,6	0,98	165,23	30	720	229,48
Heinäkuu	180,9	1,02	184,52	31	744	248,01
Elokuu	126,7	1,13	143,17	31	744	192,43
Syyskuu	82,0	1,33	109,06	30	720	151,47
Lokakuu	26,2	1,55	40,61	31	744	54,58
Marraskuu	8,1	1,56	12,64	30	720	17,55
Joulukuu	4,4	1,00	4,40	31	744	5,91
Vuosi		1,2				
<b>Yht/vuosi</b>	<b>975,2</b>		<b>1135,4</b>	<b>365</b>	<b>8760</b>	

Veden ominaislämpökapasiteetti	4,19 kJ/kgK	
Lämpötila ero	58-8	50 K
Aurinkokeräimien pinta-ala		9 m2
Lämpimän käyttöveden tarve		50 l/vrk/hlö 6 hlöä yht. 300 l/vrk
Keräimen hyötysuhde	88 %	0,88
lämpöhäviötermi a1:	3,35 W/m2K	
lämpöhäviötermi a2:	0,026 W/m2K	
IAM	0,9	
UL	9,5 W/K	
UC	5,45 W/m2K	
nkierro	0,8	
θhw	40	
θcw	5	

Lämpimän käyttöveden (LKV) kuukausittainen häviötön lämmityksen tarve	LKV kuukausittainen lämmityksen tarve + häviöt	Ulkoilman keskilämpötila, $\theta_e$	$\theta_{ref}$	Referenssilämpötilaero	X	Y	Aurinkolämpöjärjestelmän tuotto tarkastelujaksolla
		Tu		dT			Qtuotto, A
kWh/kk	kWh/kk	C	C	C			kWh
541,21	608,1	-3,97	83,34	87,31	4,5146	0,105	0,00
488,83	549,3	-4,50	84,04	88,54	4,5782	0,428	75,33
541,21	608,1	-2,58	81,51	84,09	4,3479	0,978	330,61
523,75	588,5	4,50	72,16	67,66	3,4986	1,489	502,83
541,21	608,1	10,76	63,90	53,14	2,7476	1,700	597,06
523,75	588,5	14,23	59,32	45,09	2,3313	1,654	581,08
541,21	608,1	17,30	55,26	37,96	1,9630	1,788	643,87
541,21	608,1	16,05	56,91	40,86	2,1130	1,387	537,63
523,75	588,5	10,53	64,20	53,67	2,7752	1,092	407,82
541,21	608,1	6,20	69,92	63,72	3,2946	0,394	105,62
523,75	588,5	0,50	77,44	76,94	3,9784	0,127	0,00
541,21	608,1	-2,19	80,99	83,18	4,3011	0,043	0,00
		5,57					

---

**3781,85**

<u>Varaaja</u>	
x	0,3
Vnim	500 l
VLL	200 l
Vref	75 l/m <sup>2</sup>
fapu	0
Vtod	500 l
ccap	1,08



Keräimen, varaajan ja verkoston tiedot			
Keräimien koko	A	74 m <sup>2</sup>	
Keräimien hyötysuh.	$\eta_0$	0,664	-
Keräimien suuntaus	IAM	0,93	-
Keräinpiirin eristys	$U_L$	42,0000 W/K	
keräinpiirin lämpöh.	$U_c$	4,9576 W/m <sup>2</sup> K	
Keräinpiirin pumppu	P&t	40 W	2000 h
	$W_{\text{aurinko,pumput}}$	80 kWh	

Varaajan koko	$V_{\text{nim}}$	3000 L	
Varaajan jako lämm.	$V_{\text{LL}}$	200 L	
Lisälämmityksen käy.	x	0,7	
Varaajan kertoimen valinta		0,00	
Osuus varaajasta, m	$f_{\text{apu}}$	0,00	
Varaajaan suunnitel.	$V_{\text{tod}}$	3000 dm <sup>3</sup> /keräin-m <sup>2</sup>	
LKV tarve	qv/vrk	300	
LKV/keräinA (L/vrk)	L/vrk/m <sup>2</sup>	4,054054054	
Keräin A/Varaajan l	A/100L	2 $\eta_0$ A/100L	1,66
$\eta_0 * A * a1 / U * A$	$\eta_0 * A * a1 / U * A$	49,136	
$\eta_0 * A / \text{kulutus}$	$\eta_0 * A / \text{kulutus}$	0,163786667	50 l
Henkilö määrä	hlö	6	8,189333333

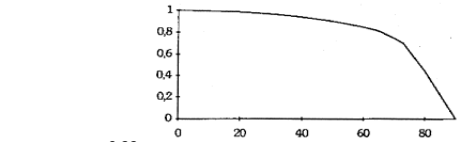
		$G_{\text{säteily, vaakapinta}}$	45				
kk	$T_{\text{ulko/keskilämpötila}}$	kWh/m <sup>2</sup>	korjauskerroin kk	$Q_{\text{keräin}}$ kWh/m <sup>2</sup> /kk	Säteily kallistuneille pinnoille kWh	pv/kk	h/kk
Tammikuu	-3,97	6,2	1,75	10,85	802,9	31	744
Helmikuu	-4,5	22,4	1,78	39,872	2950,528	28	672
Maaliskuu	-2,58	64,3	1,57	100,951	7470,374	31	744
Huhtikuu	4,5	119,9	1,24	148,676	11002,024	30	720
Toukokuu	10,76	165,5	1,06	175,43	12981,82	31	744
Kesäkuu	14,23	168,6	0,98	165,228	12226,872	30	720
Heinäkuu	17,3	180,9	1,02	184,518	13654,332	31	744
Elokuu	16,05	126,7	1,13	143,171	10594,654	31	744
Syyskuu	10,53	82	1,33	109,06	8070,44	30	720
Lokakuu	6,2	26,2	1,55	40,61	3005,14	31	744
Marraskuu	0,5	8,1	1,56	12,636	935,064	30	720
Joulukuu	-2,19	4,4	1,00	4,4	325,6	31	744
koko vuosi	5,569166667	975,2	1,20	1135,402	84019,748	365	8760

Keräimien hyötysuhde	
$\eta_0$	0,83 -
$\eta_0$	0,88
$\Delta\eta_{\text{ensiökierukka}}$	0,218152
$\Delta\eta_{\text{toisiökierukka valinta}}$	0,00
$\Delta\eta_{\text{toisiökierukka}}$	0,00

G<sub>ref</sub> 1000 W/m2

U <sub>st</sub>	1000 W/K
$\Delta v$	5 K
a <sub>1</sub>	3,35 W/m <sup>2</sup> K
a <sub>2</sub>	0,026 W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>
$\eta_{\text{kierto valinta}}$	0,80
$\eta_{\text{kierto}}$	0,80
c <sub>cap</sub>	1,166253425
Kylmänveden lpt	5 °C
θ <sub>hw</sub>	40 °C

Putkiston lämpöhäviö	
putken sisäpinnan lämmönsiirtokerroin (W/m <sup>2</sup> , K))	7000
putken sisähalkaisija (m)	0,02
putken lämmönjohtavuus (W/(m, K))	50
putken ulkohalkaisia (m)	0,024
eristeen sisähalkaisia (m)	0,024
eristeen lämmönjohtavuus (W/(m, K))	0,05
eristeen ulkopinnan lämmönsiirtokerron (W/(m <sup>2</sup> , K))	10
eristeen ulkohalkaisia (m)	0,064
lämmönläpäisykerroin (W/(m, K))	0,276113
putkiston pituus (m)	0
keräinpiirin eristyshäviöt U <sub>L</sub> (W/K)	0



Siirtimen putken ulkohalkaisija

0,22 m

Siirtimen putken pituus

10 m

Siirtimen putken pinta-ala

0,380132711 m<sup>2</sup>

U <sub>st</sub>	20 W/K
A <sub>kierukka</sub>	10 m <sup>2</sup>

Laskennallisia tietoja:	
putken sisähalkaisia (mm)	20
putken seinämän paksuus (mm)	2
eristen paksuus (mm)	20

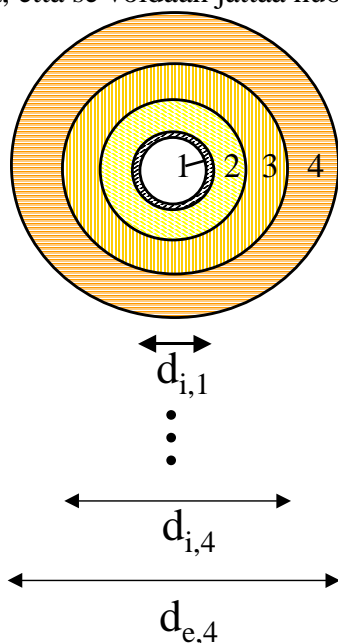
säteilyteho W/m <sup>2</sup>	LKV <sub>häviötön</sub> kWh/kk	LKV+ jakeluhäviö kWh/kk	θ <sub>ref</sub>	ΔT	X	Y	Q <sub>tuotto</sub>	Q <sub>auringolla</sub> kWh/kk	%	Q <sub>lisälämpö</sub>
14,58333333	539,9166667	606,6479401	83,3404	87,3104	36,65097	0,8665	459,4117013	459,41	75,7295411	147,24
59,33333333	487,6666667	547,9400749	84,04	88,54	37,16713	2,6602	810,3754418	547,94	100,0	0,00
135,686828	539,9166667	606,6479401	81,5056	84,0856	35,29727	6,0834	1202,116375	606,65	100	0
206,4944444	522,5	587,0786517	72,16	67,66	28,40217	9,2580	3049,121626	587,08	100	0
235,7930108	539,9166667	606,6479401	63,8968	53,1368	22,30565	10,5716	5062,178176	606,65	100	0
229,4833333	522,5	587,0786517	59,3164	45,0864	18,92627	10,2887	4393,077477	587,08	100	0
248,0080645	539,9166667	606,6479401	55,264	37,964	15,93645	11,1192	6144,730132	606,65	100	0
192,4341398	539,9166667	606,6479401	56,914	40,864	17,1538	8,6276	2343,535572	606,65	100	0
151,4722222	522,5	587,0786517	64,2004	53,6704	22,52964	6,7911	1098,953119	587,08	100	0
54,58333333	539,9166667	606,6479401	69,916	63,716	26,74656	2,4472	555,1854181	555,19	91,5	51,46
17,55	522,5	587,0786517	77,44	76,94	32,29771	0,7868	262,2786733	262,28	44,675219	324,80
5,913978495	539,9166667	606,6479401	80,9908	83,1808	34,91745	0,2651	109,7977699	109,80	18,0990922	496,85
	6357,083333	7142,790262					25490,76148	5663,03	79,3	1479,76

Pyöreän kerroksellisen putken (kuva 1) lämmönläpäisykerroin pituusyksikköä kohti lasketaan standardin EN ISO 12241 mukaisesti kaavalla

$$\frac{1}{U'} = \frac{1}{\alpha_{i,1} \cdot \pi \cdot d_{i,1}} + \frac{1}{2 \cdot \pi} \sum_{j=1}^n \frac{1}{\lambda_j} \cdot \ln \frac{d_{e,j}}{d_{i,j}} + \frac{1}{\alpha_{e,n} \cdot \pi \cdot d_{e,n}}$$

jossa	$U'$	on putken lämmönläpäisykerroin pituusyksikköä kohti, (W/(m,K))
	$\alpha_{i,1}$	on putken sisäpinnan lämmönsiirtokerroin, (W/(m <sup>2</sup> ,K))
	$d_{i,1}$	on putken sisähalkaisija, (m)
	$\lambda_j$	on putkikerroksen, j, lämmönjohtavuus, (W/(m,K))
	$d_{e,j}$	on putkikerroksen, j, ulkohalkaisija, (m)
	$d_{i,j}$	on putkikerroksen, j, sisähalkaisija, (m)
	$\alpha_{e,n}$	on putken ulkopinnan lämmönsiirtokerroin, (W/(m <sup>2</sup> ,K))
	$d_{e,n}$	on putken ulkohalkaisija, (m)

Nestemäisillä lämmönsiirtoaineilla (esimerkiksi vesikiertoisissa lämmönjako-verkostoissa) putken sisäpuolinen lämmönsiirtokerroin ( $\alpha_{i,1}$ ) on usein suuri ja siten pintavastus ( $1/(\alpha_{i,1} \cdot \pi \cdot d_{i,1})$ ) niin pieni muihin lämmönvastuksiin verrattuna, että se voidaan jättää huomioon ottamatta.



Kuva 1. Kerroksellinen putkieristys.

# RICA UC-58C

## U-putkikeräin



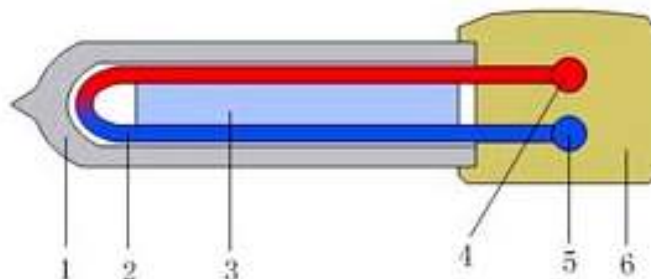
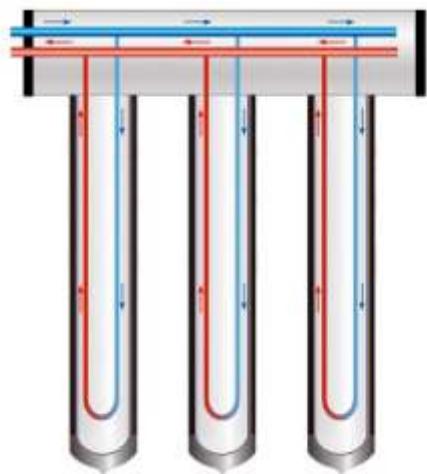
U-putkikeräimet voidaan asentaa 0 – 90° kulmaan, pystyyn tai vaaka-asentoon ja jopa rakennuksen seinää vasten eli U-putkikeräimet soveltuvat myös sellaisiin kohteisiin joissa perinteiset tyhjiöputkikeräimet eivät sovellu asennusvaatimuksiensa takia. U-putkikeräimet voidaan asentaa kuten tasokeräimet mutta niiden hyötysuhde on huomattavasti parempi.

rica heating



## RICA UC-58C U-putkikeräin

### Rakenne:



1. Tyhjiöputki
2. U-putki
3. absorberi
4. lämmönsiirtoneste - lähtö
5. lämmönsiirtoneste - tulo

#### Tekniset tiedot

Mitat: (pituus\*leveys\*korkeus)  
 Kokonais pinta-ala (m<sup>2</sup>)  
 Apertuuri pinta-ala (m<sup>2</sup>)  
 Paino (kg)  
 Tyhjiöputkien lukumäärä (kpl)  
 Tyhjiöputkien pituus (mm)

#### Rica UC-58C

1980\*1350\*230  
 2,44  
 2,04  
 60  
 15  
 1800

#### Absorbtioputken rakenne

Tyhjiöputken materiaali  
 Kupariputki  
 Tyhjiöputken viimeistely materiaali  
 Pinnoite  
 Absorbtiio (%)  
 Emissio (%)

Borosilikaattilasi 3.3  
 Suoravirtaus U-putki  
 Alumiini  
 Selektiivi pinnoite  
 94  
 6

#### Rajoitukset

Maksimi stagnaatio lämpötila (°C)  
 Maksimi verkoston käyttöpaine (bar)

230  
 6

*The sun rises in the North!*

SAVOSOLAR 



## Savosolar SF100-03-SH

Mustarunkoinen 2 m<sup>2</sup> single harp –keräin

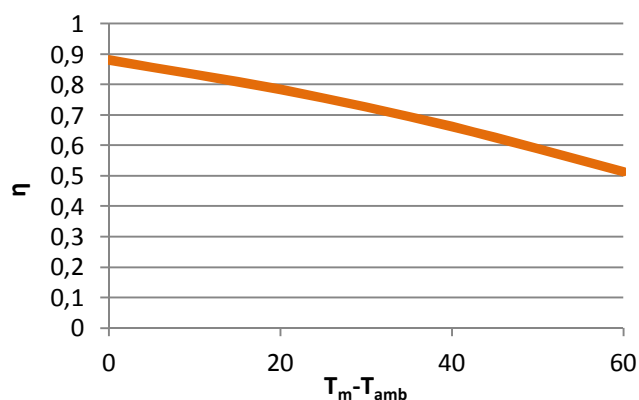
### Tärkeimmät ominaisuudet

- Neljällä liityntäputkella varustettu single harp -keräin mahdollistaa joustavammat asennustavat ja pienemmät painehäviöt.
- Suoravirtausabsorberi ja selektiivinen PVD MEMO –pinnoite mahdollistavat markkinoiden tehokkaimmat aurinkokeräimet.
- Heijastuksenestokäsitelty lasi takaa parhaan mahdollisen säteilyn läpäisyn.
- Pinnoitteen erinomainen lämmönkesto maksimoi korkean tuoton keräimen koko elinkaaren ajan.
- Liimattu keräinrakenne ja tuuletuksen suojakalvot minimoivat lian ja pölyn kertymisen.
- Musta-anodisoitu keräinrunko luo yhtenäisen ja tyylikkään ulkonäön.

Savosolar SF100-03-SH -keräimen erityispiirre on pursotustekniikalla valmistetuista (MPE) profileista koottu suoravirtausabsorberi, jonka materiaali on erityisesti aurinkokäyttöön tarkoitettua korroosionkestävää alumiiniseosta. Absorberi on pinnoitettu patentoidulla optisesti korkeaselektiivisellä PVD MEMO pinnoitteella. Yhdessä nämä innovatiiviset ratkaisut takaavat kilpailevia tekniikoita huomattavasti korkeamman hyötysuhteen.

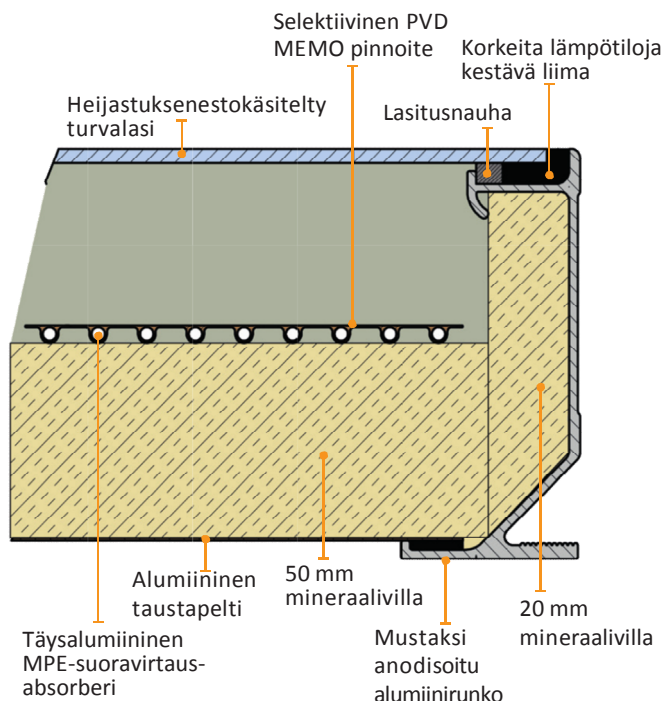
SF100-03-SH on rakenteeltaan ns. single harp -keräin. Kyseisen rakenteen ansiosta keräimen painehäviö on erittäin alhainen, mikä mahdollistaa jopa 10 keräimen ryhmät. Neljällä liityntäputkella varustettu rakenne mahdollistaa myös nopeamman ja helpomman keräinasennuksen ja järjestelmän käyttöönoton.

Hyötysuhde SF100-03-SH



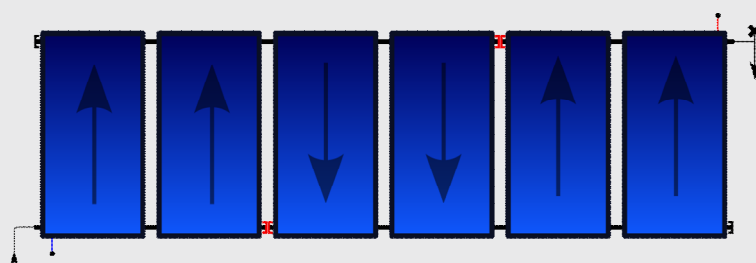
Keräimen runko on valmistettu korroosionkestävästä mustaksi anodisoidusta alumiiniprofiilista. Jokaisessa keräimessä on kaksi taskua lämpötila-antureille nopean ja tarkan mittausvasteen saavuttamiseksi.

Heijastuksenestokäsitelty lasi, alumiinirunko, taustalevy ja kulmapalat on liimattu tiiviisti yhteen käyttäen korkeita lämpötiloja ja UV-säteilyä kestävää kaksikomponenttiliimaa, joka estää tehokkaasti veden pääsyn keräimen sisälle.

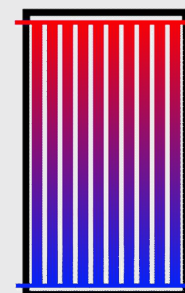


## Tekniset tiedot

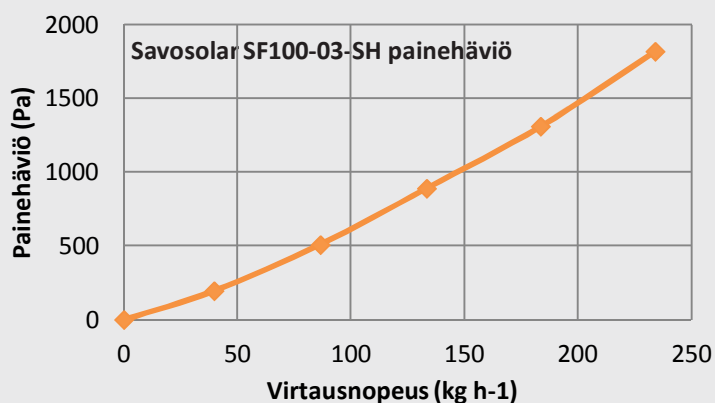
Ulkomitat	2050x1050x95 mm
Kokonaispinta-ala	2,15 m <sup>2</sup>
Lasiaukon pinta-ala	2 m <sup>2</sup>
Absorberin pinta-ala	2 m <sup>2</sup>
Tehokkuus	$\eta_0=0.88$ , $a_1=3.35$ (W/m <sup>2</sup> K), $a_2=0.026$ (W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )
Maksimipaine	10 bar
IAM (Säteilyn tulokulmariippuvainen korjauskerroin)	K (50°) = 0.93
Absorberin pinnoite	3-kerroksinen PVD MEMO tyhjiöpinnoite
Absorptio	96 % +/- 2
Emissiivisyys	5 +/- 2%
Putkiliiännät	Ø 22 mm
Lämpötila-anturitaskut	2 kpl integroitua Ø 6 mm anturitaskuja
Lämpöeristys	50 mm pohja 20 mm sivut
Lasi	Heijastuksenestokäsitelty turvalasi
Lasin läpäisykyky	96.1 %
Nestetilavuus	1,9 litraa
Paino kuivana	35 kg
Asennuskulma	0-90° katolla ja vapaasti asennettuna



Jopa 10 keräintä voidaan kytkeä yhtenäiseen keräinryhmään



Keräimissä neljä sivuille suuntautuvaa Ø 22 mm ulostuloa








18.9.2014

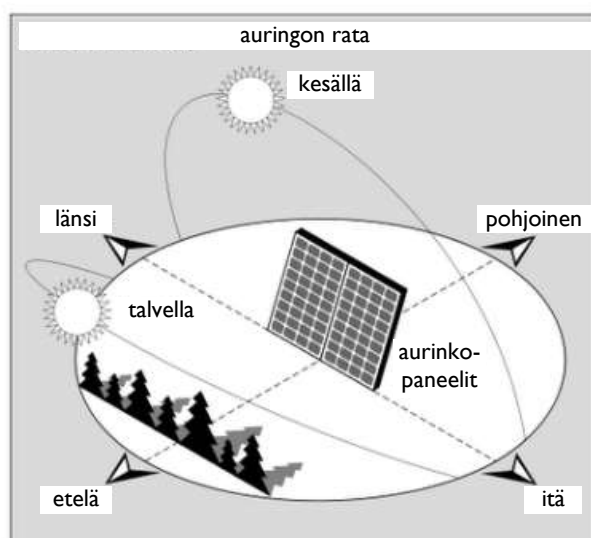
# Aurinkopaneelien asennusohje

Asennus katolle lappeen suuntaisesti.

 <b>VAROITUS!</b>	<p>Käytä turvavaljaita tai muuta tarkoituksenmukaista putoamisen estävää turvajärjestelyä asennustöissä katolla.</p> <p>Aurinkopaneelilinjat eivät ole tarkoitettu kattoturvaluotteeksi.</p>
 <b>HUOMAUTUS!</b>	<p>Yleisen turvallisuuden ja asennustyön sujuvuuden kannalta on suositeltavaa, että katolla ei työskennellä yksin.</p>
 <b>VAARA!</b>	<p>Aurinkopaneelien sarjaan kytkentöjä saa tehdä vain kokenut ammattitaitoinen asentaja. Kun aurinkopaneeleja kytketään sarjaan, kasvaa järjestelmän jännite nopeasti hengenvaarallisen korkeaksi.</p> <p><b>Älä avaa sarjaan kytkettyjä aurinkopaneelien DC liittimiä kuormitettuna. Korkea DC jännite voi aiheuttaa hengenvaarallisen valokaaren liittintä avattaessa.</b></p>

## Aurinkopaneelien sijoittelu

- Paneelit asennetaan yleensä etelään viettävälle katon lappeelle kattopinnan suuntaisesti. Katon suuntainen asennus on lähes aina kokonaisuuden kannalta kustannustehokkain ratkaisu vaikkakin suurin vuotuinen energia saadaan 40 asteen kulmalla.
- On oleellista, että paneeleihin ei kohdistu minkäänlaisia varjoja päivän aikana.
- Katon esteen, kuten räystäät, savupiiput ja ilmastointikanavat, on kierrettävä riittävän kaukaa, jotta esteet eivät varjosta paneeleja.
- On suositeltavaa asentaa paneelit lähelle katon harjaa, jottei katolla liukuva lumi painaudu paneelien alle.
- Jos paneelit asennetaan lähelle räystästä, on paneelirivin yläreunalle asennettava lumieste, joka estää lumen pakkautumisen paneelirivistön alle.
- Yhden MPPT säädinpiirin paneelit tulee asentaa aina samaan suuntaa, samanarvoiseen asemaan.







## Aurinkopaneelin mitat

Aurinkopaneelin mitat vaihtelevat hieman valmistajittain ja malleittain.

Pääsääntöisesti mitat ovat:

- A Paneelin leveys: 990 - 1000 mm
- B paneelin korkeus: 1600 - 1700 mm
- C paneelin kohdistusreikien etäisyys toisistaan: 900 / 1000 mm

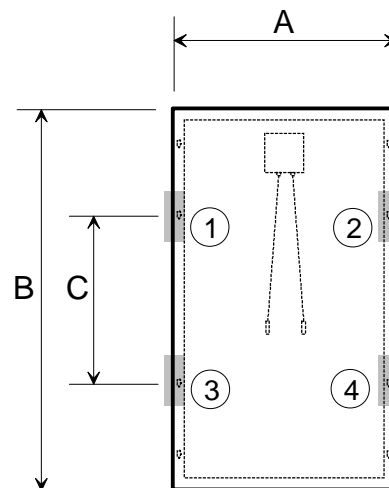
Paneeliprofiilin korkeus on 35 mm – 45 mm.

Yksi paneeli painaa noin 20 kg.

Paneelin takana on n. 900 mm pitkät + ja – kytkentäjohdot.

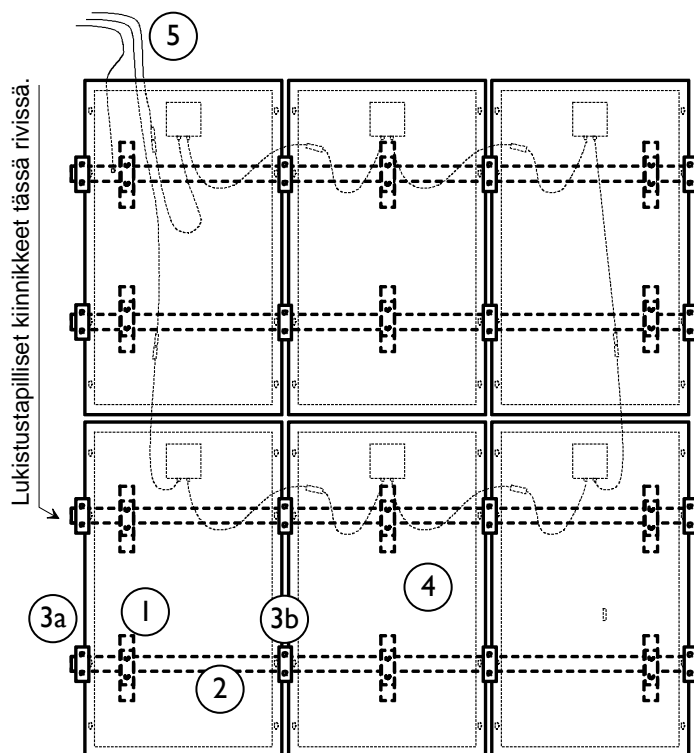
Kytkeäjohtoissa on MC4 pikaliittimet.

Jotta paneeli saavuttaa täyden lumikuorman kestävyys, aurinkopaneeli kiinnitetään neljästä pisteestä pitkiltä sivuilta kohdistusreikien kohdalta (1, 2, 3 ja 4). Tyypillisesti kiinnityspisteiden paikka saa vaihdella +/- 100 mm kohdistusreiästä. Katso kiinnityspisteiden sallitut paikat paneelivalmistajan asennusohjeesta.



## Asennuksen osat

1. Kattokiinnikkeet  
kts. eri kiinniketyypit jäljempänä
2. Asennusputket  
Putket  
Supistusjatkoholkit
3. Paneelikiinnikkeet  
3a) Reunakiinnikkeet  
3b) Jatkokiinnikkeet  
Lukitustapit
4. Aurinkopaneelit
5. Johdotus  
DC johdotus  
potentiaalinen tasaus



## Kattokiinnikkeet ja kiinnitys kattoon

Eri kattotyypille on omat kattokiinnikkeet. Kattokiinnikkeet nostavat paneeleja noin 100 mm irti kattopinnasta, jotta jäähdytysilma pääsee kiertämään paneelien alta.

<p><b>Profiilipeltikattokiinnike</b></p> <p>Kiinnikkeitä on eri kuviopituudelle. Tavallisimmat 350 mm ja 400 mm.</p> <p>Kiinnitys kattoon:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- asenna tiivistekumit reikien kohdalle</li> <li>- kiinnitä kattopellin läpi kahdella kiinnitysruuvilla aallon pohjalle</li> </ul>	
<p><b>Saumaton peltikaton kiinnike</b></p> <p>Kiinnitys kattoon:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- aseta kiinnike kattopellin sauman päälle</li> <li>- kiristä kattopellin sauma kiinnikkeen väliin</li> </ul>	 
<p><b>Tiilikaton kiinnike</b></p> <p>Kiinnitys kattoon:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- poista tiilet asennuskohdalta</li> <li>- asenna apuruode kiinnikkeen kohdalle</li> <li>- kiinnitä kattokiinnike apuruoteeseen</li> <li>- asenna tiilet takaisin paikoilleen</li> </ul> <p>Lovea kattotiilen alapintaa tarvittaessa, jottei tiilen alareuna jää korkeammalle.</p>	

### Huopakattokiinnike

Kiinnitys kattoon:

- aseta kumitiiviste kiinnikkeen asennusreikien kohdalle
- kiinnitä huovan läpi kahdella ruuvilla



### Kiskokiinnike kahdelle tai neljälle paneelin asennusputkelle

Kiinnitys kattoon katemateriaalin läpi:

- aseta kumitiiviste kiinnikkeen asennusreikien kohdalle
- kiinnitä ruuveilla katemateriaalin läpi

Kiinnitys saumatulle peltikatolle:

- kts. saumatun peltikaton kiinnike

Profiilipeltikatoilla asenna kisko aallon pohjalle ja käytä riittävän korkeita kumitiivisteitä, jotka nostaa kiskon katon kuviosta irti.



### Aurinkopaneelien asennusputket

Jokaiselle aurinkopaneeliriville asennetaan kaksi asennusputkea. Tarvittaessa putkea jatketaan sisäpuolisella supistusjatkoholkilla ja lukitaan kahdella itsekierteyttävällä ruuvilla.

Putket asennetaan kattokiinnikkeisiin putkenpäät samalle linjalle ja kiristetään paikalleen. Tarkista peneelikentän suorakulmaisuus esim ristimitalla. Katso kattokiinnikkeiden ja asennusputkien mitat ja paikat mittapiirroksista.





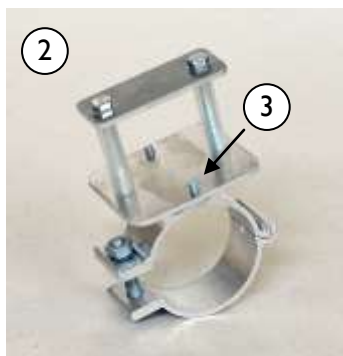
## ***Paneelikiinnikkeet***

Paneelikiinnikkeitä on kahta tyyppiä:

1. Reunakiinnike
2. Jatkokiinnike

Yhden asennusputken kiinnikkeisiin voi lisätä lukitustapit (3), mitkä helpottavat paneelien asennusta jyrkällä katolla ja ohjaavat rivin suoraksi. Lukitustappi osuu paneelin kehyksessä olevaan ohjausreikään.

Tavallisesti tapit laitetaan alimman rivin ylemmän putken kiinnikkeisiin, kun asennus aloitetaan alimmasta rivistä.

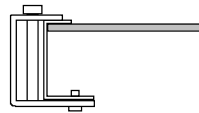
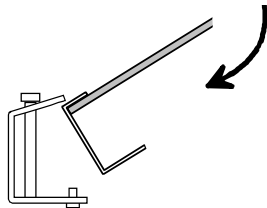




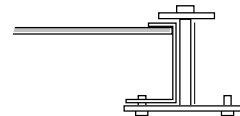
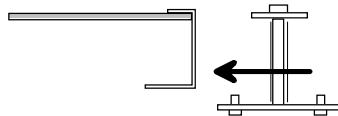


## Paneelin asennus paneelikiinnikkeeseen

1. Asenna paneelikiinnikkeitä kevyesti kiristäen asennusputkeen paneelin leveyden välein (eli noin 1 m välein) odottamaan paneelin asennusta.
2. Nosta paneeli kiinnikkeisiin, vie paneelin toista reunaa edellä. Kun paneeli on kiinnikkeiden sisällä liikuttele paneelia ylös/alas kunnes lukitusruuvi osuu paneelin ohjausreikään ja lukitsee paneelin korkeussuunnassa paikalleen.



3. Liu'uta toisen reunan kiinnikkeet paneeliin kiinni ja tarkista, että lukitusruuvi osuu paneelin reikään.



4. Jos aloitit reunasta, kiristä reunimmaiset kiinnikkeet. Tarkista että paneeli vastaa tasaisesti kiinnikkeen pohjalevyyn ja kiristä ruuvit.
5. Asenna seuraava paneeli vastaavasti. Kun paneeli on paikallaan, kiristä paneelien väliset kiinnittimet, ensin päältä ja sitten putkenkiinnitysruuvit.

Jos paneelit kiinnitetään yhteen riviin, kaapelit voi liittää paneelien asennuksen jälkeen. Jos paneeleja asennetaan useaan riviin päällekkäin, on kaapelien liittimet kiinnitettävä asennuksen edetessä. Nipparoi paneelijohdot asennusputkiin.





## Mitat ja kattokiinnikkeiden paikat

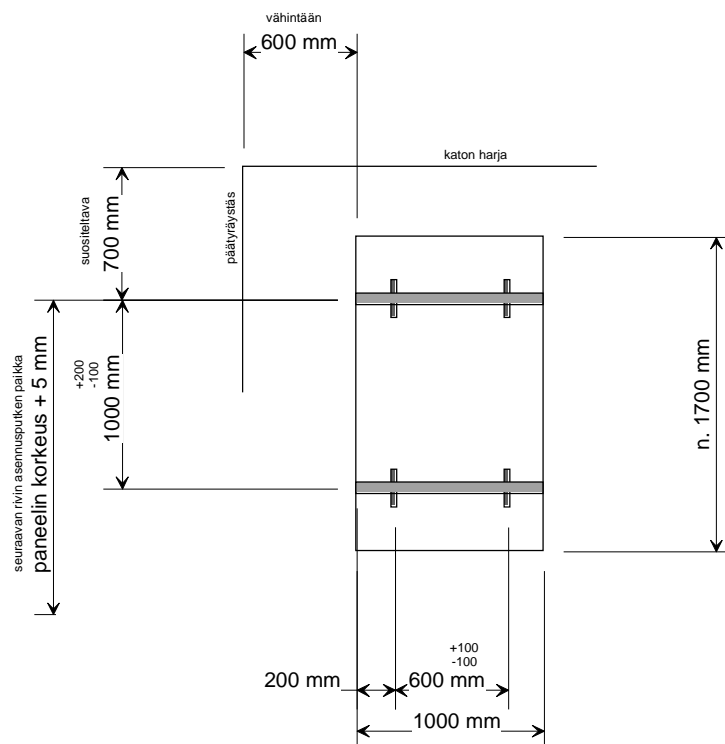
Mittakuvissa on esitetty yhden rivin asennus. Jos asennuksessa on useampia rivejä, asennetaan kiinnikkeet samalla tavalla muissa riveissä.

Oleellista on, että:

- Kattokiinnikkeitä ei asenneta samalle kohtaa paneelikiinnikkeiden kanssa.
- Kattokiinnikkeitä on vähintään mittapiirroksissa ilmoitettu määrä. Katoilla, missä ruodelaudoitusta on heikko, tulee kattokiinnikkeiden määrää lisätä.
- Telinekenttä tulisi olla mahdollisimman hyvin suorakaide, jottei paneelikentästä tule ”salmiakkikuviota”. Esim tarkista ristimita tai käytä suorakulmalaseria.
- Paneelirivien välissä tulee olla vähintään 5 mm rako (tai paneelivalmistajan ilmoittama vähimmäisrako).

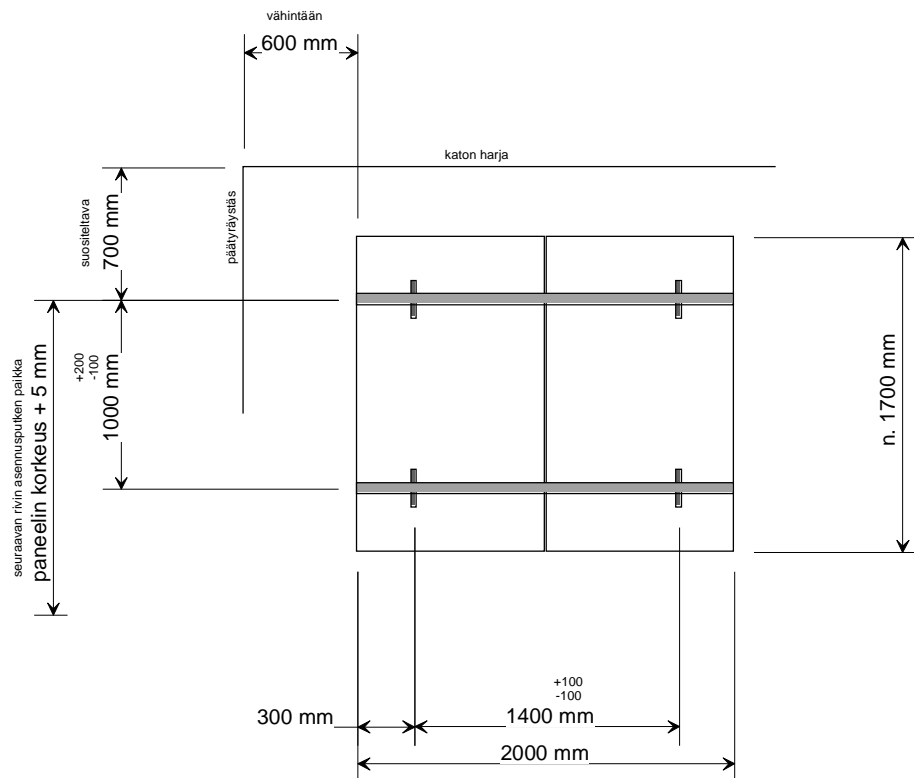
### Yhden paneelin rivi

Putken pituus: 1040 mm



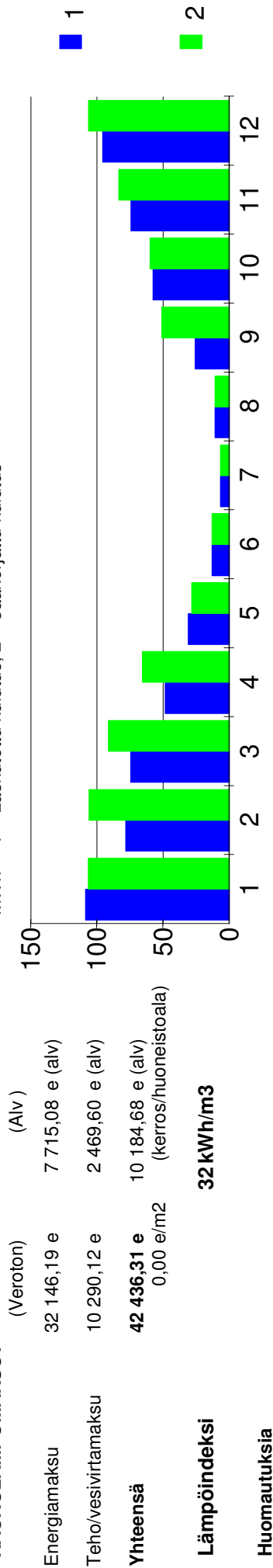
## Kahden paneelin rivi

Putken pituus: 2040 mm



Jakso		Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Yhteensä
	<b>Laskutettu MW/h</b>	<b>108,9</b>	<b>78,6</b>	<b>74,8</b>	<b>48,6</b>	<b>31,3</b>	<b>13,1</b>	<b>6,8</b>	<b>11,1</b>	<b>26,0</b>	<b>57,9</b>	<b>74,6</b>	<b>96,0</b>	<b>627,6</b>
01.01-31.12.14	Sääkorjattu	106,8	106,2	91,6	66,0	28,6	13,1	6,8	11,1	51,3	60,1	83,8	106,5	731,9
2013	Sääkorjattu	117,6	109,4	92,5	58,4	46,0	8,1	6,7	7,8	38,2	54,0	85,7	95,5	719,9
2014	Keskiämpötila °C	-7,4	-0,4	1,5	5,7	10,9	13,6	20,4	17,4	12,3	5,8	2,2	-1,3	6,7
2014	Lämmitystarveluku	755,8	486,9	479,2	303,9	181,8	26,5	0,0	5,1	82,2	343,2	445,3	567,6	3677,5

MWh 1 = Laskutettu kulutus, 2 = sääkorjattu kulutus



Toivomme teidän tarkistavan raportista kiinteistö- ja yhteystietojemme oikeellisuuden ja ilmoittamaan niiden mahdollisista muutoksista alla olevaan numeroon. Samasta numerosta saatte tarvittaessa lisätietoja.